

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA-MIEDZESZYN

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

131

1975



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

---

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 15

WARSZAWA 1975

NR 131

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

## Redakcja Problemów Łączności

---

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,

mgr inż. Józef Możejko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

---

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 660. Wpłynęło do  
Działu Wydawniczego 28.01.1975 r.  
Druk ukończono w kwietniu 1975 r.

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Jerzy Regent

## OCHRONA PRZED HAŁASEM I DRGANIAMI OBIEKTÓW TELEKOMUNIKACYJNYCH I POCZTOWYCH

### SPIŚ TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Oddziaływanie hałasu na ustrój ludzki	2
2.1. Znaczenie i potrzeba walki z ujemnymi skutkami hałasu i wibracji	2
2.2. Uraz akustyczny ucha	5
2.3. Skutki działania hałasu na psychikę człowieka	7
2.4. Efekt maskowania dźwięku przez hałas	8
3. Kryteria fizyczne oceny uciążliwości hałasu	10
3.1. Wielkości podstawowe	10
3.2. Ocena uciążliwości hałasu	15
4. Hałas w obiektach telekomunikacyjnych	17
4.1. Hałas w pomieszczeniach telekomunikacyjnych	17
4.2. Hałas w pomieszczeniach pocztowych	26
4.3. Hałas urządzeń telekomunikacyjnych	29
4.4. Hałas urządzeń pocztowych	32
5. Ochrona przed nadmiernym hałasem i wibracjami	34
5.1. Techniczne sposoby likwidacji hałasu i wibracji	34
5.2. Techniczno-organizacyjne sposoby walki z hałasem	41

	Str.
5.3. Środki ochrony słuchu	46
6. Metody badania hałasu i wibracji	47
6.1. Badanie hałasu w pomieszczeniach	47
6.2. Badania akustyczne źródeł dźwięku	47
7. Uwagi końcowe	54
Wykaz literatury	55

Jerzy Régent

621.3.082,4

OCHRONA PRZED HAŁASEM I DRGANIAMI  
OBIEKTÓW TELEKOMUNIKACYJNYCH I POCZTOWYCH

1. WSTĘP

Zagadnienia zwalczania hałasu i wibracji stanowią ważną dziedzinę akustyki stosowanej. Prace w tej dziedzinie przyjęły jako cel swojego działania opracowywanie metod i środków zapewniających ochronę człowieka oraz ochronę obiektów i urządzeń przed nadmiernymi hałasami i wibracjami. Wchodzą one w skład kompleksu spraw ochrony i kształtowania środowiska naturalnego, którym - w świetle uchwał VI Zjazdu Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej o kierunkach społeczno-gospodarczego rozwoju kraju - nadano szczególnie wysoką rangę. Wyrazem wagi tego problemu są Ustawy Sejmowe Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej o utworzeniu Urzędu Ministra Gospodarki Terenowej oraz Zarządzenie Nr 98 Prezesa Rady Ministrów z dnia 27 grudnia 1972 roku.

Różnorodność technik stosowanych w zakresie zwalczania hałasu i wibracji, zależnych od rodzaju obiektów i urządzeń oraz odpowiedzialność kierownictw resortów za stan zagrożenia /Uchwała Nr 169 Rady Ministrów z dnia 12 sierpnia 1971 r./ podyktowały konieczność ukierunkowania prac naukowo-badawczych i technicznych z tego zakresu odpowiednio do potrzeb występujących w danym resorcie.

## 2. ODDZIAŁYWANIE HAŁASU NA USTRÓJ LUDZKI

### 2.1. Znaczenie i potrzeba walki z ujemnymi skutkami hałasu i wibracji

Zachowanie człowieka pod wpływem bodźców akustycznych zajmuje medycynę od wielu lat, a w miarę postępu cywilizacji i technizacji życia codziennego w zagadnienia walki z hałasem i wibracjami coraz aktywniej włączają się dyscypliny techniczne.

Organia akustyczne wywołują w organizmie człowieka reakcje słuchowe i ogólnoustrojowe. Stopień ich uciążliwości zależy od częstotliwości i natężenia drgań akustycznych oraz od czasu trwania ekspozycji.

W zależności od częstotliwości stopień uciążliwości drgań akustycznych ocenia się oddzielnie dla zakresów: infrodźwięków, dźwięków słyszalnych i ultradźwięków.

Organia infraakustyczne zostały szczególnie wnikliwie rozpracowane w ostatnim dwudziestolecu pod kątem wibracji działających na ciało ludzkie [1,2,3,4,5].

Organia podłużne działające na ciało ludzkie wywołują powstawanie rezonansów mechanicznych poszczególnych części ciała, np. wg Goldmana i Gierkiego [6] przy częstotliwościach:

- 3 - 3,5 Hz występuje rezonans jelit,
- 5 - 6 Hz rezonans brzucha,
- 7 - 11 Hz rezonans płuc,
- 20 - 30 Hz rezonans głowy,
- 60 - 90 Hz rezonans gałki ocznej.



Drgania w kierunku poprzecznym działające na człowieka w pozycji stojącej lub siedzącej wywołują następujące rezonanse:

- 1 - 2 Hz ramion /człowiek stojący/
- 2 - 3 Hz głowy /człowiek stojący/.

Drgania i wstrząsy /drżenia krótkotrwałe/ działające na organizm ludzki wywołują niekiedy tzw. chorobę wibracyjną. Terminem tym objęty jest zespół objawów chorobowych wywołanych drganiami mechanicznymi, związanych z występowaniem w początkowej fazie zaburzeń czynnościowych, a w końcowej fazie ciężkich zmian anatomicznych, np. układu naczyniowego, kostno-stawowego.

W obiektach eksploatacyjnych resortu łączności na wibracje narażeni są przede wszystkim pracownicy transportu, obsługa urządzeń warsztatowych, obsługa siłowni telekomunikacyjnych oraz obsługa urządzeń pocztowych. Na stanowiskach pracy w resorcie łączności poziom natężenia drgań nie stanowi zagrożenia wywołującego chorobę wibracyjną - występuje on jedynie w stopniu utrudniającym pracę oraz w stopniu niebezpiecznym dla obiektu i samego urządzenia.

Dźwięki słyszalne o częstotliwościach w granicach od 10 do 1800 Hz. Czynnikiem stwarzającym poważne zagrożenie na stanowiskach pracy w jednostkach organizacyjnych resortu łączności jest hałas - dźwięk o dowolnym charakterze akustycznym, szkodliwy w danych warunkach i dla danej osoby. Oddziałuje on poprzez narząd słuchu na szereg innych narządów i układów w organizmie i prowadzi nie tylko do zakłócenia czynności lub uszkodzenia tego narządu, lecz wyzwała

szereg reakcji ogólnoustrojowych, na przykład:

- zmiany reaktywności ośrodkowego układu nerwowego, głównie w zakresie czynności psychicznych,
- zmiany w reaktywności układu nerwowego, wegetatywnego prowadzące do ich zaburzeń,
- zmiany w czynnościach wydzielania gruczołów dokrewnych.

Od H. Selego [7] przyjęto nazywać reakcję ustroju ludzkiego na różne szkodliwe bodźce zewnętrzne odczynami stressowymi. Pod pojęciem tym rozumie się typowy zespół reakcji ogólnoustrojowych wywołany przez bodźce zewnętrzne.

W początkowym okresie zadziałania bodźca szkodliwego powstaje w ustroju reakcja alarmowa, polegająca na mobilizacji sił obronnych ustroju, następnie występuje okres odporności ustroju na ujemne skutki działania czynnika szkodliwego. Po wyczerpaniu rezerw odpornościowych ustroju - przy długotrwałym działaniu bodźców szkodliwych - występuje załamanie organizmu, który wchodzi wówczas w stan wyczerpania.

Na przykład hałas o poziomie dźwięku 90 dB A<sup>x/</sup> wywołuje zmiany w automatyzmach ruchomych, a nawet może doprowadzić do funkcjonalnych zaburzeń dynamiki mózgowej, objawiających się dyskoordynacją procesów pobudzania i hamowania. Ponadto wywołuje zmiany w układzie sercowo-naczyniowym objawiające się zwolnieniem akcji serca i dodatkowymi skurczami, zmianami ciśnienia krwi tętniczej, zwiększonym wydzielaniem kory nadnercza.

Organia ultraakustyczne powyżej 20.000 Hz. Szkodliwość oddziaływania ich na organizm ludzki wiąże się z powstawa-

---

<sup>x/</sup> Patrz str. 15.

niem efektu termicznego w tkankach, który - w przypadkach bezpośredniego kontaktu z ośrodkiem płynnym lub stałym i bardzo wysokich częstotliwościach - objawia się zmianami strukturalnymi substancji białkowych w komórkach.

Długotrwałe działanie na organizm ultradźwięków przy kontakcie przez powietrze ma ujemny wpływ na cały organizm człowieka; wywołuje on między innymi schorzenie systemu krążenia, zwyrodnienie gruczołów wydzielania zewnętrznego. Przyjmuje się, że dzienna dawka energii ultradźwiękowej nie powinna przekraczać wartości  $3 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$  w ciągu minuty pracy.

Organia ultradźwiękowe występują przede wszystkim na stanowiskach pracy z urządzeniami ultradźwiękowymi oraz niekiedy są wytwarzane przez maszyny szybkoobrotowe. W resorcie łączności, ze względu na brak tego rodzaju urządzeń, nie występuje konieczność ochrony pracowników przed ultradźwiękami.

## 2.2. Uraz akustyczny ucha

Ostry lub przewlekły uraz akustyczny wykrywa się poprzez badanie audiometryczne słuchu. W wyniku badania audiometrycznego otrzymuje się krzywą czułości ucha tzw. próg słyszalności, który dla ucha normalnego przedstawia krzywa dolna na rys. 1<sup>x/</sup>.

Pod wpływem hałasu występuje podwyższenie progu czułości ucha, szczególnie w okolicy częstotliwości 4000 Hz. W audiometrii tonalnej to podwyższenie progu czułości słuchu przyjęto nazywać ubytkiem słuchu, a krzywą progu słyszalności

---

<sup>x/</sup> Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

przedstawiać w postaci linii prostej poziomej oznaczonej symbolem 1 na rys. 2. Krzywe 2, 3, 4 i 5 na rys. 2 przedstawiają rozwój urazu akustycznego wg [8].

Ubytek słuchu zależy także od czasu ekspozycji. Przykładowo zależności takie dla sygnału o częstotliwości 200 Hz wywołane szumem białym o natężeniach dźwięku 88, 94, 100, 106 dB przedstawia wg [9] rys. 3.

W początkowym okresie pod wpływem hałasu powstaje przejściowe obniżenie progu słyszalności.

Z biegiem czasu ubytki słuchu utrwalają się zgodnie z zależnością przedstawioną wg Klajmana, Dęgi [10] na rys. 4.

Z wykresu na rys. 4 wynika, że największe narażenie na utratę słuchu występuje w pierwszych latach pracy w hałasie. Dlatego szczególnie młodzi pracownicy powinni zostać poddani szczególnie wnikliwej opiece lekarskiej.

Natężenie hałasu około 140 dB wywołuje uczucie bólu, a przy większych wartościach może spowodować mechaniczne uszkodzenie ucha. Krzywą progu bólu przedstawiono na rys. 1. Obszar zawarty pomiędzy krzywą progu słyszalności a krzywą progu bólu wyznacza powierzchnię słyszalności normalnego ucha.

Pod wpływem hałasu ulega zahamowaniu również proces oddychania tkankowego w uchu wewnętrznym wywołany przez nadmierne zużycie fermentów oddechowych. Staje się to przyczyną zakłócenia odżywiania komórek własnych narządu Cortiego, mogące doprowadzić do trwałego zaburzenia ich funkcji.

Narząd Cortiego zlokalizowany jest w części ucha wewnętrznego, zwanej ślimakiem /rys. 5/. Jest to narząd odpowiedzialny za proces słyszenia, przekrój jego pokazano na rys. 6.

Ruchy strzemiączka wytwarzają w przestrzeni płynowej, w endolimfie, fale bieżące rozchodzące się od przedsionka do dziurki osklepka /niewidocznego na rysunku/. W pewnym miejscu błony podstawowej wywołują one największe jej wychylenia, które następnie szybko zanikają. Ruchy endolimfy /płynu biologicznego, wypełniającego ślimak/ przy niskich częstotliwościach wpływają na wyrównanie ciśnienia płynu w ślimaku oraz zwłękają tłumienie drgań błony podstawowej. Częstotliwości wyższe wytwarzają maksima wychylenia w części leżącej bliżej osklepka. Zdolność wyodrębniania częstotliwości przez słuch jest większa niż pozwalają na to własności mechaniczne błony podstawowej, stąd też, jak wykazały badania Bekesego w procesie analizy widmowej dźwięku, bierze udział również ośrodkowy układ nerwowy [11].

### 2.3. Skutki działania hałasu na psychikę człowieka

W literaturze szeroko omawiane jest działanie hałasu na procesy psychiczne. Stopień dokuczliwości hałasu zależy między innymi od rodzaju wykonywanych czynności oraz od właściwości psychofizycznych osobników narażonych na hałas.

Zespół zaburzeń czynnościowych występuje wcześniej niż można je stwierdzić w postaci urazu akustycznego, trwałego lub czasowego. Do takich należy zaliczyć:

- a/ trudności w porozumieniu werbalnym,
- b/ trudności w porozumiewaniu się z otoczeniem poza pracą na skutek trudności słyszenia,
- c/ zbyt głośny sposób mówienia prowadzący do uszkodzenia narządu głosu,

d/ szумы w uszach i zaburzenia równowagi,

e/ częste bóle głowy,

f/ senność i nadmierne zmęczenie,

g/ nadmierną pobudliwość nerwowa.

Obok tych objawów subiektywnych stwierdza się wydłużenie czasu reakcji zmysłowo-mięśniowych w hałasie; pod tym względem szczególnie niebezpieczny jest hałas zawierający składowe o wysokich częstotliwościach [12].

#### 2.4. Efekt maskowania dźwięku przez hałas

Wynika on z właściwości słuchu polegającej na tym, że gdy w obecności jednego tonu wytworzy się drugi ton, to pierwszy przy pewnym natężeniu tonu drugiego staje się niesłyszalny. Miarą tego zagłuszenia jest przesunięcie progu słyszalności tonu pierwszego, mierzone w dB. Efekt ten jest największy w sąsiedztwie częstotliwości tonu zagłuszającego.

Maskujące działanie hałasu i szumów jest podobne do zagłuszającego działania tonów prostych. Różnica tkwi jedynie w zasięgu działania tonów prostych i szumów. Te ostatnie zagłuszają dźwięki leżące w pasmie szumów lub najbliższym ich sąsiedztwie, natomiast tony proste mają szerszy zasięg. Przy odpowiednim zasięgu tony proste zagłuszają niemal wszystkie dźwięki o częstotliwościach wyższych od tonu zagłuszającego, natomiast skuteczność zagłuszania dźwięków o częstotliwościach mniejszych od tonu zagłuszającego jest znacznie mniejsza. Na rys. 7 przedstawiono przesunięcie progu słyszalności spowodowane działaniem tonu zagłuszającego o częstotli-

wości 800 Hz i poziomach natężenia 20, 40, 60, 80 i 100 dB, a na rys. 8 - działaniem szumów w zakresie częstotliwości 140 do 1200 Hz oraz poziomach 40, 53, 77, 89, 102 dB.

Effekt maskowania dźwięków przez hałas jest znany od dawna, np. w przypadku mowy naturalnej jest on likwidowany przez samego rozmówcę podniesieniem głośności mowy /efekt Lombarda/. Mechanizm tego zjawiska wiąże się z zakłóceniem przez hałas automatycznej kontroli słuchu nad głosem i dążeniem do wyrównania tego zaburzenia przez narząd mowy.

Na rysunku 9 przedstawiono wg pracy [13] zależność pomiędzy poziomem ciśnienia akustycznego tonu o częstotliwości 1000 Hz potrzebnym do zlikwidowania efektu maskowania spowodowanego szumem białym o poziomie 40 dB i 60 dB.

Z przedstawionych danych wynika, że dla pełnej likwidacji wpływu efektu maskowania należy zwiększyć poziom dźwięków ponad poziom dźwięku hałasu o wartość około 40 dB.

Hałas jest również przyczyną zakłócenia sygnału akustycznego mowy objawiającego się zmniejszeniem zrozumiałości mowy.

Na rysunku 10 przedstawiono zależność pomiędzy zrozumiałością mowy - zrozumiałością logatomową a poziomem dźwięku testu w obecności hałasu [14]. Maksymalną zrozumiałość mowy w hałasie dla zrozumiałości logatomowej uzyskuje się przy przewyższeniu hałasu poziomem dźwięku o wartość 15-20 dB. Badania dotyczące zaburzeń mowy pozwoliły ustalić, że zakłócenie zrozumiałości mowy występujące w analizie treści sygnału mowy w ośrodkowym układzie nerwowym jest spowodowane oddziaływaniem hałasu na ośrodkowy układ nerwowy człowieka [15]. Wynikiem tego oddziaływania jest zmniejszenie zdolno-

ści człowieka do wykorzystywania redundancji testu w obecności hałasu.

### 3. KRYTERIA FIZYCZNE OCENY UCIAŻLIWOŚCI HAŁASU

#### 3.1. Wielkości podstawowe

Poziom ciśnienia akustycznego - wielkość określająca stan akustyczny w danym punkcie pola akustycznego i wyrażona w dB wzorem:

$$L = 20 \lg \frac{P_1}{P_0} \quad /1/$$

w którym:

$P_1$  - wartość ciśnienia akustycznego w punkcie pomiarowym w  $N \cdot m^{-2}$  /niuton/m<sup>2</sup>/,

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} N \cdot m^{-2}$  - ciśnienie akustyczne odniesienia.

Poziom ciśnienia akustycznego w pasmie częstotliwości - poziom ciśnienia akustycznego odpowiadającego energii akustycznej zawartej w rozpatrywanym pasmie częstotliwości. Badania rozkładów widmowych hałasów lub drgań mechanicznych przeprowadza się w pasmach częstotliwościowych o szerokości pasma przepustowego 1/3 oktawy /tercja/ lub oktawy. W związku z tym przyrządy pomiarowe służące do przeprowadzania analizy widmowej są wyposażone w zespoły filtrów tercjowych i okta-  
wowych. Charakteryzują się one następującymi danymi:

- pasma przepustowe oraz częstotliwości środkowe filtrów tercjowych i okta-  
wowych - tabl. 1 i 2,



T a b l i c a 1

Częstotliwości środkowe i pasma przepustowe  
filtrów 1/3 oktaowych

Częstotliwości środkowe tercji; Hz	Częstotliwości graniczne pasm przepustowych w Hz	
	Dolna	Górna
1	2	3
2	1,8	2,24
2,5	2,24	2,8
3,15	2,8	3,55
4	3,55	4,5
5	4,5	5,6
6,3	5,6	7,1
8	7,1	9,0
10	9,0	11,2
12,5	11,2	14
16	14	18
20	18	22,5
25	22,5	28
31,5	28	35,5
40	35,5	45
50	45	56
63	56	71
80	71	90
100	90	112
125	112	140
160	140	180
200	180	224

1	2	3
250	224	280
315	280	355
400	355	450
500	450	560
630	560	710
800	710	900
1000	900	1120
1250	1120	1400
1600	1400	1800
2000	1800	2240
2500	2240	2800
3150	2800	3550
4000	3550	4500
5000	4500	5600
6300	5600	7100
8000	7100	9000
10000	9000	11200
12500	11200	14000

- charakterystyki tłumieniowe filtrów tercjowych i okta-  
wowych - tabl. 3 i 4.

Poziom dźwięku hałasu - ważona wartość poziomu ciśnienia aku-  
stycznego rozpatrywanego hałasu otrzymana przez pomiar za  
pomocą miernika natężenia dźwięku o umownie przyjętych cha-  
rakterystrykach ważenia, oznaczonych literami A, B, C i wyra-

T a b l i c a 2

Częstotliwości środkowe i pasma przepustowe  
filtrów oktaowych

Częstotliwości środkowe	Częstotliwości graniczne	
Hz	Hz	
1	2	
4	2,8	5,6
8	5,6	11,2
16	11,2	22,4
31,5	22,4	45
63	45	90
125	90	180
250	180	355
500	355	710
1000	710	1400
2000	1400	2800
4000	2800	5600
8000	5600	11200
16000	11200	

żona odpowiednio w dB A, dB B, dB C. Pomiary hałasu przyjęto przeprowadzać przy użyciu krzywej ważenia "A", a dopuszczalne wartości poziomów dźwięku - określać w dB A.

Do oceny uciążliwości drgań wprowadzono wskaźnik nasilenia drgań S - wielkość określona wg wzoru:

$$S = 20 \lg \frac{B}{B_0} - 10 \lg f$$

/2/

w którym:

$B$  - zmierzona wartość przyspieszenia drgań w  $m \cdot s^{-2}/m/s^2$ ,

$B_0$  -  $0,00316 m \cdot s^{-2}$  wartość przyspieszenia dla  $f = 1 \text{ Hz}$ , odpowiadająca amplitudzie przyspieszenia drgań jeszcze nieodczuwalnych przez człowieka,

$f$  - liczba odpowiadająca częstotliwości drgania.

T a b l i c a 3

Nierównomierność charakterystyki tłumieniowej  
filtrów 1/3 oktaowych

Częstotliwość względna $f/f_0$	Nierównomierność	
	minimalna w dB	maksymalna w dB
1,0	-0,5	+0,5
0,94      1,06	-0,5	+1
0,89      1,11 <sup>1/</sup>	-0,5	+6
0,79      1,26 <sup>2/</sup>	+13	+
0,25      4	+50	+
0,125      8	+60	+
<sup>1/</sup> odpowiada częstotliwości granicznej pasma <sup>2/</sup> odpowiada częstotliwościom środkowym sąsiednich pasm		

T a b l i c a 4

Nierównomierność charakterystyki tłumieniowej  
filtrów oktaowych

Częstotliwość względna * $f/f_0$	Nierównomierność	
	minimalna w dB	maksymalna w dB
1,0	-0,5	+0,5
0,81      1,19	-0,5	+1
0,7      1,4 <sup>1/</sup>	-0,5	+6
0,5      2 <sup>2/</sup>	+18	+
0,25      4	+40	+
0,125      8	+60	+
1/ odpowiada częstotliwości granicznej 2/ odpowiada częstotliwościom środkowym sąsiednich pasm		

### 3.2. Ocena uciążliwości hałasu

Podstawowym kryterium w ocenie nadmiernego hałasu jest tzw. natężenie krytyczne rozumiane jako ilość energii akustycznej, której oddziaływanie stanowi granicę pomiędzy uszkodzającym i nieuszkodzającym działaniem dźwięku. Dla ekspozycji hałasu wynoszącej 5 godzin dziennie przyjęto maksymalnie dopuszczalną wartość dźwięku wynoszącą 90 dB A /WHO, Helsinki 1957/. W przypadku przekroczenia tej wartości zalecane jest skrócenie czasu ekspozycji zgodnie z zależnościami przedstawionymi na rys. 11, a w przypadku hałasu przerywanego - wg krzywych przedstawionych na rys. 12. Wielu ba-

daczy podaje różne wartości natężenia krytycznego; między innymi proponowane były wartości 50. - 60 dB /Almeido/, 70 dB /Thiele/, a nawet 100-120 dB /Friberg/ [16]. Te znaczne różnice wynikają jak wiadomo stąd, że uciążliwość hałasu zależy od wielu czynników - między innymi od rodzaju wykonywanych czynności, w tym przede wszystkim od tego, czy dane czynności wiążą się z wytwarzaniem hałasu. W tym ostatnim przypadku organizm łatwiej wytwarza odpowiednią reakcję obronną niż wtedy, gdy hałas jest nie związany z daną pracą. Dlatego też uciążliwość hałasu jest szczególnie ostra w przypadkach pracy umysłowej i wymagającej skupienia. Dla przykładu można podać wyniki badania przeprowadzonego w Głównym Urzędzie Telekomunikacji Międzymiastowej w Warszawie. Wykazały one, że zmniejszenie hałasu w salach aparaturowych ze stanowiskami dalekopisowymi oraz w pomieszczeniu centrali depesz z 65 do 56 dB obniżyło liczbę popełnianych pomyłek o 15 - 20% [17].

W celu ustalenia odpowiednich wymagań odnośnie dopuszczalnych poziomów hałasu należy wnikliwie skalkulować dane wynikające z:

- pomiarów akustycznych obiektu,
- analizy obiektu z punktu widzenia rodzaju źródeł hałasu,
- charakteru pola akustycznego,
- rodzaju stanowisk pracy.

Wymagania na dopuszczalne poziomy dźwięku hałasu sformułowane w dB A mogą okazać się niewystarczające, gdy uciążliwość hałasu tkwi w jego niekorzystnym rozkładzie widmowym. Wówczas, w celu oceny uciążliwości hałasu, należy rozpatrzyć

rozkład poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych i wyniki pomiarów porównać ze wskaźnikami oceny hałasu  $N$  o odpowiedniej wartości. Wartość wskaźnika oceny hałasu należy ustalać ze wzoru:

$$N \text{ "K"} = L - 5 \text{ dB} \quad /3/$$

w którym:

$N \text{ "K"}$  - wskaźnik oceny hałasu /liczba hałasowa/,  
 $L$  - wymagany poziom dźwięku w dB A.

Na rysunku 13 przedstawiono wg ISO /TG-43 wskaźniki oceny hałasu  $N$  /krzywe  $N$ /. Oznaczają one dla każdego  $N$  / $N = 0; 5; 10; 15 \dots 130$ / znormalizowane wartości poziomów ciśnienia akustycznego w oktaowych pasmach częstotliwości o środkowych wartościach 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz, przy czym poziom ciśnienia akustycznego w oktawie o środkowej wartości 1000 Hz określa wartość  $N$  wskaźnika oceny hałasu.

#### 4. HAŁAS W OBIEKTACH TELEKOMUNIKACYJNYCH

##### 4.1. Hałas w pomieszczeniach telekomunikacyjnych

Hałas występujący w obiektach telekomunikacyjnych można zlokalizować do pomieszczeń, w których zgrupowane są stanowiska pracy o jednakowym charakterze wykonywanych czynności.

Pomieszczenia z telefonicznymi stanowiskami łączeniowymi /CMM/ tworzą zasadniczą grupę pomieszczeń, w których występuje nadmierny hałas. Źródłem hałasu w tych pomieszcze-

niach są rozmowy, a zatem hałas związany z istotą działania stanowisk pracy. W czasie dużego nasilenia ruchu w centrali wytworzony przez telefonistki hałas ma typowe dla siebie widmo akustyczne, niezależnie od wyboru punktu pomiarowego w badanym pomieszczeniu oraz niezależnie od wielkości centrali. II. Widma akustyczne hałasu wybranych central telefonicznych z ręcznymi stanowiskami łączeniowymi przedstawiono na rys. 14. Otrzymano je dla przeciętnego dla danego pomieszczenia poziomu ciśnienia akustycznego w oktaowych pasmach częstotliwości  $L_{\Delta f}$ , obliczonego wg wzoru:

$$L_{\Delta f} = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{\Delta fi}}$$

w którym:

$L_{\Delta fi}$  - średnia arytmetyczna wartość poziomu ciśnienia akustycznego w punkcie pomiarowym w dB uzyskana z 5 kolejnych odczytów przeprowadzonych w odstępach co 15 s;

$n$  - liczba punktów pomiarowych.

Widmo akustyczne hałasu wytworzonego przez rozmowy telefonistek charakteryzuje się maksymalnymi poziomami ciśnienia akustycznych zawartymi w pasmie częstotliwości 200-2800 Hz. Powyższe pasmo częstotliwości określono dla poziomu 65 dB z odchyleniem średnim 2,5 dB, wyznaczonego jako wartość oczekiwana dla pasma oktaowego 250 Hz.

Na rysunku 15d przedstawiono widma akustyczne o maksymalnych i minimalnych poziomach ciśnienia akustycznych oraz krzywą N 65, reprezentującą wymagania normowe dla pomieszczeń z ręcznymi stanowiskami łączeniowymi.



Na rysunku 16e przedstawiono maksymalne przekroczenie hałasu ponad dopuszczalne normy.

Maksymalne i minimalne poziomy ciśnienia akustycznego w oktaowych pasmach częstotliwości na stanowiskach łączeniowych w CMM wraz z krzywą N 60, stanowiącą wymagania normowe, przedstawiono na rys. 17.

Badania zrozumiałości mowy przeprowadzono w pomieszczeniu centrali międzymiastowej w Głównym Urzędzie Telekomunikacji Międzymiastowej /GUTM/ w Warszawie, w czasie największego nasilenia ruchu. Źródłem testów były listy logatomów i liczb wg Iwankiewicza [16] nagrane na taśmę magnetyczną i odtwarzane z magnetofonu firmy Revox typ A77. Testowaniem objęto 20 telefonistek. Wyniki badań przedstawiono na rys. 18. Uzyskano charakterystyczne dla hałasu przesunięcia krzywych zrozumiałości mowy na osi rzędnych oraz ich wzajemne przesunięcie. Przesunięcie na osi rzędnych testu znaczącego /zrozumiałość liczbowa/ od testu nieznaczącego /zrozumiałość logatomowa/ świadczy o udziale w percepcji mowy ośrodkowego układu nerwowego. Z różnicy nachyleń krzywych zrozumiałości mowy  $\text{tg} \alpha_1 > \text{tg} \alpha_2$  na rys. 18 wynika, że hałas spowodował zaburzenie procesu analizy zrozumienia treści sygnału mowy, co wpłynęło na zmniejszenie zdolności telefonistek do wykorzystania redundancji testu znaczeniowego - indeks Sedlaczka jest mniejszy od 1 [15].

Badaniami audiometrycznymi wykonanymi w centrali międzymiastowej Głównego Urzędu Telekomunikacji Międzymiastowej w Warszawie objęto 10 telefonistek w wieku 18 i 19 lat. Zastosowano audiometr produkcji Elza typ AUG64. Badania przeprowadzono dla ucha lewego, przy prawym odkrytym. Wyniki przed-

stawiono na typowym audiogramie /rys. 19/ w postaci dwóch krzywych wyznaczających obszar o dokładności średniego empirycznego odchylenia od średniej z dziesięciu audiogramów.

We wszystkich badanych przypadkach wystąpiło przesunięcie progu słyszalności w pasmie częstotliwości 125-3000 Hz. Jest to wynik maskującego działania hałasu charakteryzującego się składowymi spektralnymi o maksymalnych wartościach właśnie w wymienionym pasmie częstotliwości /patrz rys. 14/.

Pomieszczenia automatycznych central telefonicznych - stanowią najliczniejszą grupę pomieszczeń resortu łączności objętych badaniami hałasu. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabl. 5 w postaci przeciętnych poziomów hałasu w pomieszczeniach CA. Wartość przeciętną poziomu dźwięku hałasu  $L$  wyznaczono wg wzoru:

$$L = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{Ai}} \quad /5/$$

w którym:

$L_{Ai}$  - pomiar dźwięku w punkcie pomiarowym w dB A,

$n$  - liczba punktów pomiarowych.

Punkty pomiarowe były rozmieszczone równomiernie w badanym pomieszczeniu, przy czym liczba ich wahała się od 10 do 30, zależnie od wielkości pomieszczenia CA.

Źródłami hałasu w badanych pomieszczeniach są wybieraki biegowe rozmieszczone w rzędach, składanych ze stojaków. Liczba rzędów oraz stojaków w rzędach zależy od pojemności centrali. Dźwięk wytworzony przez wybieraki biegowe ma charakter impulsowy, o średnim czasie trwania około 500 ms.

T a b l i c a 5

Przeciętne poziomy dźwięku hałasu w pomieszczeniach  
automatycznych central telefonicznych

Lp.	Nazwa CA	Przeciętne poziomy dźwięku L w dB A 2/	$\Delta L = L - 75$ dB A 1/
1	CA-27 Warszawa	71	-4
2	CA-20 Warszawa	78	+3
3	CA-31 Warszawa	73	-2
4	CA Gdańsk	82	+7
5	CA Sosnowiec	72	-3
6	CA Dąbrowa Górnicza	72	-3
7	CA-800 Sosnowiec	74	-1
8	CA Zawiercie	72	-3
9	CA Wschód-Łódź	77	+2
10	CAT Łódź /bez dalekopisów/	77	+2
11	CAT Gdańsk " "	71	-4
12	CA Szczecin Śródmieście	75	0
1/ Dopuszczalna wartość poziomu ciśnienia akustycznego wg BN-71/3209-01. 2/ Pomiary przeprowadzono w okresie największego ruchu centrali.			

Jednakże analiza pola akustycznego wytwarzanego w centralach automatycznych wykazała, że dźwięk ciągły otrzymuje się już przy wystąpieniu dwóch połączeń na sekundę. Typowe rozmieszczenie rzędów stojaków z wybierakami biegowymi: odległość 120 cm od poprzedniego, 80 cm od następnego rzędu oraz ekspe-

rymentalnie stwierdzone zanikanie dźwięku odpowiadające swobodnemu polu akustycznemu, pozwala na potraktowanie zespołu komutacyjnego jednego połączenia jako akustycznego źródła przestrzennego o natężeniu 50 dB A.

W związku z tym dla okresu największego ruchu poziom dźwięku hałasu L telefonicznej centrali automatycznej można wyznaczyć [18] wg wzoru:

$$L = 50 \text{ dB A} + 10 \lg \frac{K - 1}{2} \quad /6/$$

w którym:

K - liczba połączeń w jednostce czasu.

Powyższy wzór został ustalony dla pomieszczeń CA o pojemności 10000 numerów. Ze względu na typowy w centralach automatycznych rozkład stojaków z wybierakami biegowymi można również zastosować go do wyznaczania maksymalnego poziomu dźwięku dla central mniejszej pojemności. W celu wyznaczenia wartości L należy jedynie znać liczbę połączeń w jednostce czasu lub aktywność centrali.

Widma akustyczne automatycznych central telefonicznych mają typowy przebieg we wszystkich badanych przypadkach.

Maksymalne i minimalne poziomy ciśnienie akustycznych w oktawowych pasmach częstotliwości przedstawiono na rys.15b/ [19]. Rys. 16b/ przedstawia maksymalne przekroczenie ponad wskaźnik oceny hałasu N 70, przyjęty jako dopuszczalny dla pomieszczeń /patrz wzór 3/.

Przyjmując orientacyjnie dla pomieszczeń CA liczbę 12 central wymienionych w tabl. 5 jako reprezentatywną próbkę losową, należy oczekiwać, że przekroczenia wystąpią w jednej na 3 badane centrale<sup>1/</sup>.

<sup>1/</sup> Pełne badanie statystyczne przekroczeń dopuszczalnego poziomu w CA będą prowadzone po 1975 r.

Pomieszczenia z telegraficznymi stanowiskami aparatuowymi.

Pomiary poziomu dźwięku hałasu w dB A oraz poziomu ciśnienia akustycznego w oktaowych pasmach częstotliwości wykonano w 10 pomieszczeniach. Wyniki pomiarów przeciętnego poziomu dźwięku przedstawiono w tabl. 6.

T a b l i c a 6

Poziom dźwięku hałasu w pomieszczeniach z telegraficznymi stanowiskami aparatuowymi

Lp.	Nazwa pomieszczenia	Przeciętny poziom dźwięku hałasu L w dB A	$\Delta L = L - 60$ w dB A 1/
1	Sala oper. Telex 1, GUTM Warszawa	74	+14
2	Sala dalek. KC-D II p. GUTM Warszawa	72	+12
3	Sala dalekopisów OUTM Łódź	76	+16
4	Sala depesz OUTM Łódź	66	-4
5	Sala depesz OUPT Przeworsk	79	+19
6	Sala depesz OUPT Leżajsk	78	+18
7	Sala dalek. OUPT Kętrzyn	79	+19
8	Sala dalek. OUPT Sosnowiec	71,5	+11,5
9	Sala dalek. OUPT Zawiercie	66,5	-4,5
10	Sala depesz OUTM Katowice	73	+13
1/ 60 dB A - dopuszczalna przeciętna wartość poziomu dźwięku w salach z telegraficznymi stanowiskami aparatuowymi wg BN-73/3209-03.			

Badania hałasu zostały przeprowadzone w czasie maksymalnego ruchu lub w czasie, kiedy wszystkie zainstalowane dalekopisy były w ruchu. Hałas wytworzony przez dalekopisy w pomieszczeniach z telegraficznymi stanowiskami aparatuowymi przekracza normowe wymagania w 80% badanych pomieszczeń. Wartość średnia tych przekroczeń wynosi 15 dB. Jest to przekroczenie, które praktycznie nie może zostać usunięte przez zastosowanie jedynie wykładzin dźwiękochłonnych w pomieszczeniu. W tym przypadku adaptacją akustyczną należy objąć pomieszczenie i stanowisko aparatuowe.

Maksymalne i minimalne poziomy ciśnienie akustycznych w oktafowych pasmach częstotliwości na tle krzywej N 55, reprezentującej wymagania normowe dla sal aparatuowych przedstawiono na rys. 15c/. Na rys. 16c/ przedstawiono maksymalne przekroczenia względem N 55, otrzymane dla pomieszczeń wymienionych w tabl. 6 w poz. od 1 do 7.

Pomieszczenia siłowni telekomunikacyjnych. Badaniami hałasu objęto 2 pomieszczenia z prądotwórczymi zespołami spalino-elektrycznymi oraz 2 pomieszczenia ze stałymi wirującymi urządzeniami zasilającymi.

Wyniki pomiarów poziomu dźwięku hałasu przedstawia tabl. 7.

W celu oceny stanu zagrożenia przed nadmiernym hałasem w siłowniach telekomunikacyjnych przedstawiono maksymalne i minimalne poziomy ciśnienie akustycznych na tle wskaźnika oceny hałasu N 85 jako wartości maksymalnie dopuszczalnej dla hałasu ciągłego /rys. 15a/ oraz maksymalne przekroczenie poziomu ciśnienia akustycznych odniesione do N 85 /rys. 16a/.

Hałas przenikający z siłowni telekomunikacyjnej stanowi poważne zagrożenie dla pomieszczeń sąsiednich, znajdujących

T a b l i c a 7

Przeciętny poziom dźwięku hałasu w pomieszczeniach  
siłowni telekomunikacyjnych

Lp.	Nazwa siłowni	Przeciętna wartość po- ziomu dźwię- ku w dB A	Dopusz- czalna wartość wg BN-73/ /3209-04
1	Obiekt 901, siłownia OUTM Łódź	84	85 dB A
2	Zespoły trójmaszynowe UTM Szczecin	99	85 "
3	Elektrownia zapasowa GUTM	107	100 "
4	Agregatornia UTK Olsztyn	101,5	100 "

się we wspólnym obiekcie oraz dla otoczenia zewnętrznego ze względu na duże amplitudy składowych spektralnych widma akustycznego tego hałasu - ok. 80 dB. Dla niektórych częstotliwości przekraczają one maksymalnie dopuszczalne poziomy ciśnień akustycznych o 15-20 dB.

Przedstawione wyniki badań hałasu siłowni telekomunikacyjnych stanowią jedynie wstępny etap badań. Systematyczne pomiary hałasu siłowni telekomunikacyjnych, wykonane wg ustalonego programu, przeprowadzono w agregatorni UTK w Olsztynie. Jest to obiekt, który ma zlokalizowaną agregatornię w budynku wolno stojącym, w związku z czym badaniami objęto hałasy w pomieszczeniu i na zewnątrz budynku - tablica 8.

Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku dla obiektu siłowni telekomunikacyjnej wolno stojącej wg BN-74/3209-04 wynoszą 50 dB A w odległości 25 m od budynku.

T a b l i c a 8

Maksymalne wartości poziomu dźwięku hałasu na zewnątrz budynku

Odległość w m	5	10	25	30
Poziom dźwięku w dB A	72	70	68	68

Wyniki pomiarów drgań przedstawiono w postaci wskaźnika nasilenia drgań w wibrarach - tabl. 9.

#### 4.2. Hałas w pomieszczeniach pocztowych

W urzędach pocztowych pod względem czynności wykonywanych na stanowiskach pracy wyróżnia się następujące rodzaje pomieszczeń pocztowych:

1. Sale operacyjne.
2. Rozdzielnie /rozdział przesyłek/.
3. Pomieszczenie doręczycieli.
4. Pomieszczenie ekspedycji.
5. Sale odprawy celnej.

Wyniki badań przedstawiono w tabl. 10.

Widma akustyczne hałasu przedstawione na rys. 20 uzyskano ze średnich arytmetycznych wartości przeciętnych poziomów ciśnienia akustycznego. Wartości przeciętne dla każdego rodzaju pomieszczeń wymienionych w tabl. 10 obliczono ze wzoru 75/.



T a b l i c a 9

Wskaźniki drgań w agregatorni UTK Olisztyn

f/Hz/		Wskaźnik intensywności drgań /wibracji/																	
Nazwa pkt pomiar.	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	
Silnik /drgania/	25,2	13,7	6,1	11,7	13,2	1,8	0	0	5,5	0	0	14,2	0	6,1	0	16,2	18,7	17,7	
Fundament <sup>1/</sup>	34,7	30,2	26,1	23,7	24,1	15,8	8,1	4,25	11,2	5,7	1,2	15,8	3,0	2,8	11,2	25,8	21,2	26,3	
Podłoga <sup>1/</sup>	20,8	16,3	12,8	12,8	7,2	6,2	0	1,1	8,2	2,1	0,6	1,8	1,2	7,7	11,2	14,3	23,2	22,2	
Ostona kanału wentylacyjnego	34,7	30,2	18,8	14,2	22,8	20,2	20,7	16,3	31,2	20,3	19,3	37,2	13,2	21,7	17,2	24,2	24,7	26,3	
Prądnicza	26,8	27,2	15,3	14,2	13,3	6,2	11,2	4,2	17,2	2,2	1,2	14,2	5,3	17,3	54,8	13,1	13,2	20,3	

<sup>1/</sup> wg BN-74/3209-04 maksymalny wskaźnik nasilenia drgań mierzony w pasmie częstotliwości 1 - 100 Hz wynosi dla:

- fundamentów pod prądotwórcze zespoły spalinowe - elektryczne - 40 wibr.
- podłogi - 35 wibr.

T a b l i c a 10

Średni poziom dźwięku hałasu w pomieszczeniach pocztowych

Lp.	Rodzaj pomieszczenia	Rodzaj źródła hałasu	Średni <sup>1/</sup> poziom dźwięku hałasu w dB A
1	Salę operacyjną	Rozmowy interesantów i obsługi, datowniki, maszyny do liczenia	65 <sup>2/</sup>
2	Rozdzielnie poczkowe	Zmechanizowane układy transportowo-rozdzielcze	69
3	Rozdzielnie listów	Zmechanizowane układy transportowo-rozdzielcze, maszyny do stemplowania listów	69
4	Pomieszczenie doręczycieli	Rozmowy służbowe, prace związane z segregacją materiału pocztowego	73
5	Pomieszczenie ekspedycji	Środki transportu wewnętrznego, hałas z zewnątrz	67
6	Salę odprawy celnej	Środki transportu wewnętrznego, maszyny do liczenia	75

1/ Średnią arytmetyczną obliczono z przeciętnych dla danego pomieszczenia, uzyskanych z pomiarów w pięciu urządzeniach pocztowych.

2/ 65 dBA- średnia statystyczna poziomu dźwięku  $L_5$  wyznaczona wg wzoru:

$$L_S = \frac{\sum_{k=1}^n m_k L_{Sk}}{N}$$

w którym:

$m_k$  - liczba obserwacji w klasie  $k$ ,

$L_{Sk}$  - chwilowy poziom dźwięku w klasie  $k$ ,

$N$  - liczba wszystkich obserwacji.

Maksymalne wartości składowych spektralnych widma hałasu występują w pasmach o częstotliwościach środkowych 250 i 500 Hz. Przyjmują one wartość ok. 70 dB. Pojawienie się ich w tym zakresie widma świadczy o dużym wpływie na hałas samego pomieszczenia, gdyż dla dużych pomieszczeń typowym zjawiskiem jest występowanie w zakresie częstotliwości 200 - 500 Hz rezonansów akustycznych, odczuwalnych subiektywnie jako tzw. szum pomieszczenia.

#### 4.3. Hałas urządzeń telekomunikacyjnych

W resorcie łączności typowym urządzeniem telekomunikacyjnym występującym w największej liczbie jest wybierak biegowy realizujący elektromagnetyczny system komutacyjny. Rodzaj komutacji przez niego realizowany jest obecnie zmieniany na system krzyżowy, a w przyszłości ma być zastąpiony przez elektroniczne systemy komutacyjne. Przewiduje się jednak, że centrale automatyczne pracujące w systemach elektromagnetycznych będą jeszcze eksploatowane w okresie 15-20 lat.

Badania wybieraków biegowych przeprowadzone zostały w warunkach laboratoryjnych oraz w warunkach eksploatacyjnych,

przy czym w warunkach eksploatacyjnych obejmowały one pomiary przyspieszeń drgań mechanicznych oraz impulsów dźwiękowych powstających w wyniku zadziałania wybieraka. Pojawiają się one w różnych punktach centrali względem stałej lokalizacji mikrofonu pomiarowego. Stąd też nie można określić poziomu dźwięku pojedynczego wybieraka dla określonej odległości od punktu pomiarowego, a jedynie średnią arytmetyczną poziomu dźwięku impulsów.

Na podstawie pomiarów przeprowadzonych w okresie małego ruchu centrali - z zarejestrowanych 1000 impulsów o czasie trwania od 200 - 800 ms - uzyskano wartość średnią poziomu dźwięku dla pracującego wybieraka biegowego, wynoszącą 50 dB A.

Wyniki pomiarów poziomu dźwięku wybieraków: biegowego typu 32 AB oraz krzyżowego typu WK-160, przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych, przedstawiają się następująco:

- wybierak biegowy zmierzony w odległości 1 m od środka urządzenia na osi przechodzącej przez środek geometryczny obudowy wybieraka i oś statywu - 75,5 dB A,
- wybierak krzyżowy zmierzony w odległości 1 m od urządzenia na osi przechodzącej przez jego środek geometryczny -  
- 78 dB A.

Widma akustyczne wybieraka biegowego o najwyższych amplitudach składowych spektralnych - spośród 4 przebadanych - oraz wybieraka krzyżowego przedstawiono na rys. 21. Zakres częstotliwościowy o maksymalnych amplitudach składowych spektralnych występuje w pasmie częstotliwości:

od 800 do 16.000 - wybierak biegowy,  
od 200 do 12.000 - wybierak krzyżowy.

Badania drgań mechanicznych wybieraków biegowych przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych i eksploatacyjnych. W tabl. 11 przedstawiono największe w pasmach oktaowych wartości amplitud przyspieszeń drgań pomierzonych w warunkach laboratoryjnych i eksploatacyjnych.

T a b l i c a 11

Przyspieszenia drgań w pasmach oktaowych o największej wartości amplitud wybieraka krzyżowego typu 32 AB

Pkt pomiar.	Badanie laboratoryjne		Badania eksploatacyjne	
	Środkowe częstotliwości pasma oktaowego o największej wartości przyspieszenia	Przyspieszenie drgania w g	Środkowe częstotliwości pasma oktaowego o największej wartości przyspieszenia	Przyspieszenie drgania w g
1	1000 Hz	9,2	1000 Hz	10,0
2	500 Hz	1,64	1000 Hz	1,9
3	1000 Hz	1,7	1000 Hz	1,9

- 1 - drgania pionowe na płycie tłumiącej
- 2 - drgania pionowe na górnej ramie wsporczej
- 3 - drgania poziome tylnej części stojaka.

Dla obydwu rodzajów warunków pomiarowych uzyskuje się zbieżność wyników - patrz. tabl. 11. Świadczy to o tym, że sposób mocowania wybieraków biegowych na stojakach wyklucza

możliwości ich wzajemnego oddziaływania. Stanowią one zatem niezależne źródła akustyczne i drganiowe.

Przykładowe widmo przyspieszeń drgań wybieraka blegowego 32 AB dla lokalizacji czujnika pomiarowego wg tabl. 11 przedstawiono na rys. 22.

#### 4.4. Hałas urządzeń pocztowych

W salach operacyjnych urzędów pocztowych przeciętny poziom dźwięku zwiększa się bardzo znacznie - o ok. 8 dB, przy używaniu datowników przez obsługę. Średnia wartość poziomu dźwięku wytworzona w wyniku uderzenia datownika w warunkach laboratoryjnych wynosi 85 dB A. W zależności od sposobu posługiwania się datownikiem, od rodzaju podkładu oraz budowy biurka następuje zmiana jego poziomu dźwięku.

Przeprowadzone badania datownika pozwoliły na opracowanie najbardziej optymalnego podkładu oraz zastosowania innego niż dotychczas stanowiska. Na przykład zastosowanie podkładu składającego się z mikrogumy o grubości 10 mm, gumy miękkiej - 5 mm oraz gumy o średniej twardości pozwoliło obniżyć poziom dźwięku z 85 dB A do 68 dB A. Zastosowanie innej konstrukcji nasadki datownika oraz biurka pozwala na obniżenie poziomu dźwięku o ok. 20 dB.

Na rysunku 23 przedstawiono widmo akustyczne datownika zmierzone w warunkach typowych oraz w warunkach z zastosowanym nowym podkładem.

Urządzenia typu przenośnikowego - wartość maksymalna poziomu dźwięku zmierzona w odległości 1 m od urządzenia wynosi dla:

- maszyn rozdzielczych - 75 dB A,
- przenośników transportujących - 78 dB A,
- przenośników transportujących z napędem elektrobębnowym -  
- 83 dB A,
- przenośników kasetowych listów - 70 dB A,
- przenośników kasetowych listów po zdjęciu kaset - 82 dB A.

W tych urządzeniach najgłośniejszym elementem składowym jest na ogół silnik wraz z przekładnią.

Moc akustyczna promieniowana przez napędy przenośników zawiera się w granicach 50 - 80% ich całkowitej mocy akustycznej.

Wyniki pomiarów drgań - wskaźnik nasilenia drgań maszyny rozdzielczej zlokalizowanej w Urzędzie Pocztowym we Wrocławiu 2 przedstawia tabl. 12.

T a b l i c a 12

Wskaźnik nasilenia drgań maszyny rozdzielczej, Urząd Pocztowy, Wrocław 2

Środkowe wartości tercji	Wskaźnik nasilenia drgań w wibrarach	
	Podłoga - st. rozd.	Konstrukcja silnika
1	2	3
2	3,26	25,2
2,5	2,29	28,3
3,15	4,82	29,25
4	2,19	31,70
5	7,25	37,25
6,3	7,07	38,28
8	19,18	31,22

c.d. tabl.12

1	2	3
10	19,80	25,30
12,5	24,10	32,80
16	25,70	22,20
20	27,20	24,70
25	34,2	37,15
31,5	28,80	33,20
40	25,10	27,75
50	20,7	38,1
60	19,70	36,2
80	21,20	36,0
100	23,8	48,2

## 5. OCHRONA PRZED NADMIERNYM HAŁASEM I WIBRACJAMI

### 5.1. Techniczne sposoby likwidacji hałasu i wibracji

Walka z nadmiernym hałasem i wibracjami koncentruje się w trzech zasadniczych kierunkach działalności technicznej:

- zastosowanie w pomieszczeniach odpowiednich wykładzin dźwiękochłonnych oraz przegród dźwiękoizolacyjnych,
- eliminacji źródeł hałasu poprzez odpowiednią ich lokalizację lub przez zastosowanie tłumików akustycznych,
- opracowania maszyn cichobieżnych.

W resorcie łączności w głównej mierze prowadzone są prace w zakresie adaptacji akustycznych oraz eliminacji głów-



nych źródeł hałasu. Pozostałe kierunki działalności są obecnie na etapie prac przygotowawczych.

Działalność techniczna w zakresie metod zastosowania wykładzin dźwiękochłonnych obejmuje opracowania przeprowadzenia adaptacji pomieszczeń eksploatowanych oraz będących w projektowaniu. Metody te zostały przedstawione w formie wzorcowych projektów adaptacji akustycznej pomieszczeń.

Analiza techniczna własności akustycznych pomieszczeń pozwoliła opracować materiał pochłaniający dźwięki, najbardziej odpowiednie dla poszczególnych rodzajów pomieszczeń telekomunikacyjnych [22]. W doborze materiału do adaptacji akustycznej pomieszczeń uwzględniono warunki zastosowania materiału pochłaniającego dźwięki w 50-60% powierzchni całkowitej pomieszczenia. Propozycje danych akustycznych optymalnego materiału dźwiękochłonnego, najbardziej odpowiedniego, przedstawiają się następująco:

- 1/ Siłownie telekomunikacyjne. Charakterystyka współczynnika pochłaniania dźwięku powinna osiągać wartości maksymalne - ok. 0,7 - 0,9 w zakresie częstotliwości 300 - 3000 Hz. Wykładzina dźwiękochłonna powinna być zastosowana przede wszystkim pod stropem, w odległości ok. 50 cm od niego.
- 2/ Pomieszczenia automatycznych central telefonicznych. Współczynnik pochłaniania dźwięku powinien przyjmować maksymalne wartości ok. 0,5 - 0,7 w zakresie częstotliwości powyżej 1000 Hz. Materiał ten powinien być zainstalowany przede wszystkim pod stropem oraz na ścianach bocznych w obrębie stanowisk obsługi.

- 3/ Pomieszczenie central telefonicznych ze stanowiskami obsługiwanyymi ręcznie. Maksymalne wartości współczynnika pochłaniania dźwięku - ok. 0,6 - 0,8 w zakresie częstotliwości 800 - 2800 Hz. Materiał powinien być zainstalowany pod strómem, możliwie w dużej odległości od niego, oraz na ścianach bocznych bez okien.
- 4/ Salę aparatowe ze stanowiskami dalekopisowymi. Współczynnik pochłaniania dźwięku - wartość ok. 1 w pasmie częstotliwości 260 - 500 Hz. Wymagania maksymalnej chłonności w zakresie częstotliwości 250 - 500 Hz dyktują konieczność zastosowania w tych pomieszczeniach materiałów boazeryjnych typu szczelinowego lub płytowego.

Materiały dźwiękochłonne przeznaczone dla pomieszczeń central telefonicznych automatycznych i międzymiastowych powinny spełniać odpowiednie warunki bhp i ppoż., między innymi:

- \* nie mogą być łatwopalne;
- nie powinny wydzielać płynów oraz związków chemicznych, szkodliwych dla ludzi i urządzeń. W przypadku użycia gaśnic śniegowych nie powinny wywoływać reakcji chemicznych;
- nie powinny zmieniać wilgotności.

Materiały przeznaczone dla siłowni telekomunikacyjnych powinny być:

- odporne na działanie spalin i materiałów pędnych,
- charakteryzować się zwiększoną wytrzymałością oraz odpornością na wibracje.

T a b l i c a 13

Propozycje materiałów dźwiękochłonnych dla budownictwa łączności

Materiał dźwiękochłonny /lub urządzenie/		Siłownię telekomunikacyjne	CA	Salon aparaturowe	CHM
1	2	3	4	5	6
Urządzenia perforowane	płyty gipsowe dźwiękochłonne z wypełnieniem	z watą mineralną		x	x
		z gąbką poliuretanową		x	
		z włókniną zgrzewaną		x	x
		z watą szklaną IZOLAN		x	x
	sufity i ściany dźwiękochłonne z kaset metalowych perforowanych, z wypełnieniem	z watą szklaną	x	x	x
		z watą mineralną			x
		z włókniną zgrzewaną			x

1	2	3	4	5	6	7
		z gąbką poliuretanową		x	x	
Materiały tekstylne	dywany 2/	kokosowy				x
		z długim włosem na filcu				x
		igłowy 4 mm		x	x	
		igłowy na piance poliuretanowej		x	x	x
	kotary	z tkaniny typu "stoczniowiec" 1/				x
		aksamitna 2/				x
		bawełniana 2/				x
Ustroje przestrzenne	pochłaniacz typu "deska" /mat. dźwiękochłonny w folii poliuretanowej/	wełna mineralna	x			
		wata szklana	x			
Ustroje chemiczne	szkło piankowe					x

1/ szczególnie zalecane ze względu na niepalność.

Dystrybutor: Centrala "Technozbyt" Gdynia, cena 1 mb - 80 zł.

2/ można stosować po zaimpregnowaniu środkami ognioodpornymi /np. Silignitem RW/.

Preferowane dla budownictwa łączności materiały dźwiękochłonne produkowane przez przemysł krajowy przedstawiono w tabl. 13.

Projekty wzorcowe adaptacji akustycznej opracowano dla pomieszczeń CMM średniej i małej wielkości; przedstawiono je w pracy [23]. Jako materiał dźwiękochłonny zastosowano perforowane płyty gipsowe produkcji Zjednoczenia Przemysłu Wapienniczego i Gipsowego w Krakowie. W ramach tych projektów opracowano dwie wersje zawieszania płyt. Na rys. 24 przedstawiono:

- Koncepcję "A" polegającą na zastosowaniu na suficie teowników 30 x 30 jako konstrukcji nośnej o rozstawie teowników pod stropem co 60 cm. Na ścianach bocznych przewidziano odpowiednie śruby dystansowe z firmowymi zawieszakami przeznaczone do zamocowania płyty w czterech rogach.
- Koncepcję "B" polegającą na zastosowaniu na suficie i ścianach konstrukcji stalowej z kątowników 20 x 20. Płyty mocowane są za pomocą zawieszaków dostarczonych przez ZPWIG.

W pomieszczeniach średniej wielkości wykładzinę dźwiękochłonną zainstalowano w odległości 10 - 12 cm od podłoża, przy czym krawędzie styku ścian oraz okien i drzwi pokryto listwami ozdobnymi. Dźwiękochłonne płyty gipsowe po zainstalowaniu są malowane farbami emulsyjnymi.

W pomieszczeniach małych wykładzinę dźwiękochłonną zastosowano jedynie pod sufitem.

Koszt wykonania 1 m<sup>2</sup> adaptacji akustycznej - przy zastosowaniu dźwiękochłonnej płyty gipsowej - dla 7 zaprojektowanych adaptacji akustycznych wahał się od 450 zł do 800 zł.

Średnia skuteczność pochłaniania wykładziny dźwiękochłonnej:

- projektowana: w pasmie częstotliwości 125 - 3200 Hz wynosi 25 dB
- pomierzona metodą źródła odniesienia - 7 dB, patrz p. 6.3.

Dla pomieszczeń CMM przewiduje się wprowadzenie stanowiska łączeniowego z ekranami dźwiękochłonnymi, patrz tabl. 14. Dla pomieszczeń CA lub warsztatów będących w projektowaniu zaleca się zastosowanie pod sufitem pochłaniaczy przestrzennych, najlepiej typu "deska" z podstawą z perforowanej blachy aluminiowej. Rozmieszczenie pochłaniaczy przestrzennych powinno być zrealizowane w postaci szachownicy, w której kolejne pola ułożone są na przemian z "desek" mocowanych równolegle i prostopadłych do poprzednich.

W pomieszczeniach projektowanych dla stanowisk dalekopisowych, zgodnie z wymaganiami akustycznymi, należy przewidzieć zastosowanie na ścianach boazerii drewnianej, szczelinowej lub z płyt z wełny mineralnej, pokrytej tkaniną typu "stocznioelec".

Należy zaznaczyć, że wykładziny boazeryjne oraz płyty z wełny mineralnej mają spośród materiałów dźwiękochłonnych największy współczynnik pochłaniania dźwięków w zakresie częstotliwości niskich i średnich. Zastosowania tego rodzaju materiałów dźwiękochłonnych w salach z telegraficznymi stanowiskami aparatuowymi jest koniecznością wynikającą z przekroczeń wymagań norm średnio o ok. 15 dB.

W zakresie wytłumiania źródeł dźwięków opracowano filtry akustyczne, których zastosowanie zdeteminowały aktualne potrzeby jednostek organizacyjnych resortu łączności.

Zagadnienia szerszego zastosowania tłumików dźwięków, szczególnie w siłowniach telekomunikacyjnych, będzie przedmiotem prac Instytutu Łączności w latach 1976 - 1980.

## 5.2. Techniczno-organizacyjne sposoby walki z hałasem

Zapewnienie wdrażania rozwiązań technicznych dotyczących likwidacji nadmiernego hałasu oraz mobilizacja wysiłków w zakresie ochrony środowiska pracy i środowiska naturalnego stwarzają ogromne zapotrzebowanie na działalność techniczno-organizacyjną z zakresu walki z hałasem. Celem tej działalności jest opracowanie przepisów i norm technicznych, zapewniających odpowiedni poziom w zakresie opracowań projektowych, wykonawstwa oraz stworzenia podstaw organizacyjnych w zakresie kontroli stanu zagrożeń hałasem i wibracjami. Działalność ta sprzyja jednocześnie wypracowaniu w społeczeństwie nawyków ciągłej kontroli jakości wykonywanych czynności.

W resorcie łączności, do stosowania przez biura projektowe oraz jednostki służby administracyjno-gospodarczej, wprowadzono opracowane w Instytucie Łączności wymagania i wytyczne projektowania pomieszczeń telekomunikacyjnych.

Podstawą opracowania przepisów i norm z zakresu zwalczania hałasu i wibracji są badania akustyczne prowadzone na terenie całego kraju w jednostkach organizacyjnych resortu łączności oraz badania laboratoryjne prowadzone w Instytucie Łączności w latach 1971-1974.

W tablicy 14 zestawiono dokumenty dotyczące zwalczania hałasów obowiązujące w resorcie łączności na mocy pisma Pod-

sekretarza Stanu z dnia 15.XI.1973 r. Nr BHP/1241/188.

W tablicy 15 przedstawiono zestawienie norm branżowych na dopuszczalne poziomy dźwięku i drgań w obiektach telekomunikacyjnych i pocztowych.

T a b l i c a 14

Dokumenty techniczne dotyczące zwalczania hałasu,  
obowiązujące w resorcie łączności

Nazwa dokumentu	Przedmiot dokumentu	Podstawowe wielkości akustyczne wynikające z przedmiotu dokumentu
1	2	3
1. Wymagania akustyczne dla pomieszczeń central międzymiastowych	Warunki akustyczne pomieszczeń CMM	Wskaźniki izolacyjności właściwej: przegród wewnętrznych EL, przegród zewnętrznych ZEL, drzwi DEL. Dopuszczalne poziomy dźwięku hałasu w obiektach CMM. Wskaźnik tłumienia dźwięków uderzeniowych ET.
2. Wytyczne akustyczne do wytłumiania pomieszczeń stanowisk łączeniowych CMM	Zasady stosowania ochrony przeciw-dźwiękowej	
3. Wytyczne stosowania osłon dźwiękochłonnych izolacyjnych w pomieszczeniach CMM	Zasady ochrony przeciwdźwiękowej stanowisk łączeniowych	



1	2	3
4. Wymagania akustyczne dla pomieszczeń automatycznych central telefonicznych	Warunki akustyczne w pomieszczeniach CA	Wskaźniki izolacyjności właściwej: przegród wewnętrznych EL, przegród zewnętrznych ZEL, drzwi-DEL. Dopuszczalne poziomy dźwięku hałasu w obiektach CA. Wskaźnik tłumienia dźwięków uderzeniowych ET.
5. Wytyczne akustyczne dla pomieszczeń automatycznych central telefonicznych	Zasady ochrony przeciwdźwiękowej	

W celu zapewnienia kontroli stanu zagrożenia przed nadmiernym hałasem w pomieszczeniach resortu łączności opracowano projekt organizacyjny służby zwalczania hałasu<sup>1/</sup>. Schemat organizacyjny tej służby przedstawiono na rys. 25.

<sup>1/</sup> Organizacja i zadania poszczególnych komórek funkcjonalnych znajdują się w Protokole z Kursokonferencji na temat "Służba zwalczania hałasu w resorcie łączności" - Instytut łączności Zakład Akustyki Stosowanej.

T a b l i c a 15

Zestawienie norm branżowych z dziedziny zwalczania hałasu i wibracji, obowiązujących w resorcie łączności

Lp.	Numer i nazwa normy	Wymagania normy
1	2	3
1	BN-71/3209-01. Dopuszczalne poziomy hałasu w pomieszczeniach automatycznych central telefonicznych i telegraficznych. Wymagania i badania.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dopuszczalny, przeciętny poziom hałasu - zmiany w czasie największego ruchu - 75 dB A.</li> <li>2. Dopuszczalny poziom dźwięku hałasu na stanowiskach pracy - 65 dB A.</li> </ol>
2	BN-71/3209-02. Dopuszczalne poziomy hałasu w pomieszczeniach z telefonicznymi stanowiskami łączeniowymi i pomocniczymi z obsługą ręczną. Wymagania i badania.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dopuszczalne przeciętne poziomy ciśnienie akustycznych w oktaowych pasmach częstotliwości - zmierzone w czasie największego ruchu - N 65.</li> <li>2. Dopuszczalne poziomy ciśnienie akustycznych w oktaowych pasmach częstotliwości - zmierzone na stanowiskach pracy w czasie największego ruchu - N 60.</li> </ol>
3	BN-73/3209-03. Dopuszczalne poziomy hałasu w pomieszczeniach z telegraficznymi stanowiskami aparatuowymi. Wymagania i badania.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dopuszczalny przeciętny poziom dźwięku hałasu w pomieszczeniach, w których czynne są więcej niż dwa stanowiska aparatuowe, zmierzony w czasie największego ruchu - 60 dB A.</li> <li>2. Dopuszczalny przeciętny poziom hałasu w pomieszczeniach z jednym lub dwoma telegraficznymi stanowiskami aparatuowymi - 70 dB A.</li> </ol>

1	2	3
4	BN-73/3209-04. Dopuszczalne poziomy dźwięku hałasu i drgań w obiektach z siłowniami telekomunikacyjnymi. Wymagania i badania.	<p>1. Siłownie telekomunikacyjne z prądotwórczymi zespołami spalinowo-elektrycznymi</p> <p>a/ przeciętny poziom dźwięku dla ekspozycji trwającej krócej niż 30 min - 100 dB A,</p> <p>b/ Maksymalny poziom dźwięku przenikający do otoczenia w odległości 25 m od obiektu - 50 dB A,</p> <p>c/ maksymalny wskaźnik nasilenia drgań pionowych podłogi - 36 vibr,</p> <p>d/ maksymalny wskaźnik nasilenia drgań fundamentów - 40 vibr,</p> <p>2. Siłownie telekomunikacyjne ze stałymi wirującymi urządzeniami zasilającymi</p> <p>a/ dopuszczalny przeciętny poziom - 85 dB A,</p> <p>b/ maksymalne wskaźniki drgań podłogi i fundamentów - 30 vibr.</p> <p>3. Dopuszczalny poziom dźwięku hałasu w pomieszczeniu ze stałymi, przewoźnymi, statycznymi urządzeniami zasilającymi - 65 dB A.</p> <p>4. W pomieszczeniach obsługi przylegających do siłowni telekomunikacyjnych</p> <p>a/ dopuszczalny przeciętny poziom dźwięku - 60 dB A,</p>

1	2	3
		b/ maksymalny wskaźnik nasilenia drgań w pasmie częstotliwości od 1 do 100 Hz nie powinien przekraczać 5 vibr dla $f = 1$ Hz, dla $f = 100$ Hz - 30 vibr.
5	BN-74/3209-05. Dopuszczalne poziomy dźwięku hałasu i drgań w rozdzielniach paczkowych. Wymagania i badania	1. Dopuszczalny średni poziom dźwięku hałasu w rozdzielniach paczkowych - 75 dB A. Maksymalny wskaźnik nasilenia drgań podłoża - 35 vibr. Dopuszczalny poziom dźwięku hałasu na stanowiskach obsługi - 65 dB A.

### 5.3. Środki ochrony słuchu

W obiektach CA /niektórych/ i w warsztatach mechanicznych służby sanepidu zaleciły stosowanie ochraniaczy słuchu. O ich użyciu ze względu na indywidualne, subiektywne odczucie uciążliwości hałasu ma decydować sama obsługa. Na wyposażeniu CA i warsztatów mechanicznych znajdują się ochraniacze słuchu typu nausznikowego: nauszniki TD1, TD2 i T101. Jak wykazuje praktyka, obsługa niechętnie je stosuje, gdyż wg jej opinii muszle nauszników utrudniają wykonanie czynności związanych z konserwacją urządzeń. W związku z tym bardziej celowe wydaje się, zamiast nauszników przeciwhałasowych, stosowanie ochraniaczy słuchu jednorazowego użytku, np. typu wata lub wkładka douszna. Np. wata typu Billesholma jest jednym z powszechnie używanych za granicą środków osobistej ochrony słuchu.

## 6. METODY BADANIA HAŁASU I WIBRACJI

### 6.1. Badanie hałasu w pomieszczeniach

Badania hałasu obejmują wykonywanie pomiarów poziomu dźwięku i pomiarów ciśnień akustycznych w pasmach tercjowych lub oktaowych. Przeprowadza się je typowym układem pomiarowym składającym się z mikrofonu pomiarowego, wzmacniacza mikrofonowego, filtru tercjowego lub oktaowego wzmacniacza końcowego, przyrządu odczytowego wychyłowego lub rejestratora.

Wymienione przyrządy pomiarowe powinny spełniać wymagania wg PN-64/T-06460 - Mierniki poziomu dźwięku. Ogólne wymagania i badania. W stosunku do wymagań wg PN-64/T-06460 w tabl. 1 i 2 rozszerzono jedynie zakres częstotliwościowy filtrów tercjowych i oktaowych, przesuwając dolny zakres z 63 Hz do 2 Hz.

Punkty pomiarowe rozmieszcza się równomiernie w całym badanym pomieszczeniu. Liczbę punktów pomiarowych przyjmuje się w zależności od wielkości pomieszczenia, lecz nie może ona być mniejsza niż 6. Mikrofon umieszcza się w odległości 1,6 m od podłogi lub 0,7 m nad powierzchnią siedzenia, a osłona mikrofonu skierowuje się do źródła.

### 6.2. Badania akustyczne źródeł dźwięku

Przeprowadza się je jedną z następujących metod:

- w polu swobodnym,
- w sposób przybliżony, w dowolnym pomieszczeniu lub za pomocą źródła odniesienia,
- w polu rozproszonym.

Badania akustyczne wybieraków biegowych przeprowadzono w polu swobodnym - w komorze bezechowej, a pomiary urządzeń pocztowych w warunkach eksploatacyjnych. W oparciu o te pomiary wyznaczono następujące parametry akustyczne:

- średni poziom dźwięku oraz średni poziom ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych lub tercjowych w odległościach 1 m od obrysu urządzenia,
- poziom mocy akustycznej,
- charakterystyki kierunkowości.

Punkty pomiarowe rozmieszczano wokół urządzenia w taki sposób, by powierzchnia przechodząca przez nie wyznaczała powierzchnię kuli, której środek byłby jednocześnie środkiem geometrycznym urządzenia.

Poziom mocy akustycznej  $L_N$  wyznaczono wg wzoru:

$$L_N = L + 10 \lg \frac{S}{S_0} \quad /6/$$

w którym:

$L$  - średnia wartość poziomu dźwięku na pomiarowej powierzchni kuli w dB A,

$S$  - pole powierzchni tej kuli w  $m^2$ ,

$S_0$  - pole powierzchni odniesienia -  $1 m^2$ .

### 6.3. Metoda wyznaczania skuteczności pochłaniania akustycznego wykładzin dźwiękochłonnych

Skuteczność pochłaniania akustycznego wykładzin dźwiękochłonnych  $D$  jest wielkością określającą obniżenie poziomu ci-

śnienia akustycznego uzyskane w wyniku przeprowadzonej adaptacji akustycznej pomieszczenia.

Orientacyjnie wyznacza się ją ze wzorów:

$$D = 10 \lg \frac{A_2}{A_1}, \text{ dB} \quad /7/$$

lub

$$D = 10 \lg \frac{T_2}{T_1}, \text{ dB} \quad /8/$$

w których:

$A_1, A_2$  - chłonność akustyczna przed i po adaptacji pomieszczenia,

$T_1, T_2$  - czasy pogłosu przed i po adaptacji pomieszczenia.

Wzór /7/ stosuje się dla oceny efektywności projektowanych adaptacji na podstawie znajomości chłonności akustycznej pomieszczenia. Chłonność akustyczną pomieszczeń A wyznacza się wg wzoru:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i + \sum_{i=m}^m K_i, \text{ m}^2 \quad /9/$$

w którym:  $\alpha_i$  - współczynnik pogłosowego pochłaniania dźwięków materiału znajdującego się na powierzchni  $S_i$ ,

$S_i$  - powierzchnia, na której znajduje się materiał dźwiękochłonny o  $\alpha_i$ , w  $\text{m}^2$ ,

$K_i$  - elementy pochłaniające dźwięki, w  $\text{m}^2$ ,

$n$  - liczba powierzchni  $S_i$ ,

$m$  - liczba elementów pochłaniających dźwięki.

Współczynniki pogłosowego pochłaniania dźwięków wyznacza się laboratoryjnie dla warunku pola rozproszonego. W stosunku do rzeczywistych warunków wielkość obliczeniowa jest obarczona błędem tym większym, im bardziej pole akustyczne w badanym pomieszczeniu odbiega od warunku pola rozproszonego. Stąd też orientacyjny charakter oceny skuteczności pochłaniania akustycznego wyznaczony wg /7/. Z wzoru /8/ można wyznaczyć chłonność akustyczną metodą obliczeniową i pomiarową. Korzystając ze związków na czas pogłosu T:

$$T = \frac{0,161 V}{S \alpha_{sr}} \quad \text{dla} \quad \alpha_{sr} < 0,2 \quad /10/$$

lub

$$T = \frac{0,161 V}{S \cdot \ln /1 - \alpha_{sr}/} \quad \text{dla} \quad \alpha_{sr} > 0,2$$

w którym:

V - objętość pomieszczenia,

$\alpha_{sr}$  - współczynnik pogłosowego pochłaniania, średni w pomieszczeniu,

S - powierzchnia całkowita pomieszczenia, w m<sup>2</sup>.

W związku z tym dla metody obliczeniowej wynikającej z /8/ można odnieść takie same zastrzeżenia, jakie wymieniono przy omawianiu wzoru /7/. Czas pogłosu wyznaczany z pomiarów stanowi podstawową metodę doświadczalnego określenia skuteczności pochłaniania akustycznego wykładzin dźwiękochłonnych. Metoda ta jest jednak obarczona błędem, wynikającym z samej definicji czasu pogłosu. Czas pogłosu, jak wiadomo, określa



czas zanikania energii akustycznej w pomieszczeniu do  $10^{-6}$  jej wartości początkowej. Zakłada się przy tym, że energia akustyczna w pomieszczeniu powinna być równomiernie rozproszona. Tymczasem praktycznie spotykane pomieszczenia mają kształt prostopadłościenny, w których na ogół występuje uporządkowanie fal dźwiękowych na kierunkach  $x, y, z$ , co w zasadzie podważa teoretyczne podstawy korzystania z wzorów /10/. Również w tym przypadku występuje niejednoznaczność warunków akustycznych przed i po adaptacji. Instytut Łączności podjął się opracowania przynajmniej dla potrzeb resortu łączności nowej metody oceny skuteczności pochłaniania akustycznego wykładzin dźwiękochłonnych. W tym celu podjęto próbę uściślenia wzoru /8/ dla pomieszczeń prostopadłościennych z uporządkowaną falą dźwiękową oraz dla warunku pola akustycznego nieustalonego /24/.

W wyniku rozwiązania równania falowego

$$c^2 \nabla^2 \phi - \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = 0$$

z następującymi warunkami początkowymi

$$\lim_{t \rightarrow 0^+} \phi(r, t) = \phi_0(r, 0^+);$$

$$\lim_{t \rightarrow \tau} \phi_n(r, t - \tau) = \phi_{no}(r, 0^+);$$

w których:  $\tau = \frac{n \cdot l_m}{c}$ ;  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}^{1/2}$ ;

$n = 1, 2, 3 \dots n$  - liczba odbić

$l_m$  - średnia droga pomiędzy kolejnymi obliczeniami dźwięku od ścian,

$c$  - prędkość dźwięku,

$\phi$  - potencjał akustyczny

$\phi_n$  - potencjał akustyczny dla  $n$ -tego odbicia;

oraz brzegowymi

$\phi_{s,x} = \phi_{s,y} = \phi_{s,z}$  - potencjały akustyczne na powierzchniach ścian prostopadłych odpowiednio do  $x, y, z$

$$\frac{\phi_{n-1}/r_{,0^+}}{\phi_n/r_{,0^+}} = b; \quad b > 0; \quad b - \text{współczynnik odbicia}$$

Otrzymano następujące wyrażenie na teoretyczny czas pogłosu w pomieszczeniach prostopadłościennych

$$T = \frac{13,86 \cdot V}{c \cdot S \cdot \ln b} - \frac{3,6 \cdot V / b + 4b + 1}{c \cdot S \cdot \ln b} + \frac{3,6 \cdot V}{c \cdot S}; \quad /11/$$

w którym:

$V$  - objętość,

$S$  - powierzchnia całkowita,

$$b^2 = 1 - \alpha.$$

Uzyskana zgodność wyników pomiarowych i obliczeniowych wg /11/ jest większa niż wg /10/, co pozwala na zastosowanie

tego wzoru do obliczeń "S" dla potrzeb projektowania adaptacji akustycznej.

W celu praktycznego wyznaczenia chłonności akustycznej opracowano nową metodę pomiarową. Jest to tzw. metoda źródła odniesienia. Skuteczność pochłaniania akustycznego wg tej metody wyznacza się ze wzoru:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n /L_i - L_{wi}/, \text{ dB} \quad /12/$$

w którym:

$L_i$  - zmierzony w badanym pomieszczeniu poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych źródła odniesienia,

$L_w$  - poziom ciśnienia akustycznego wg charakterystyki wzorcowej źródła odniesienia przedstawionej na rys. 26,

$n$  - liczba pasm tercjowych.

Źródło odniesienia o wzorcowej charakterystyce częstotliwościowej  $m$  ustawia się w badanym pomieszczeniu w odległości 0,5 m od ściany z wykładziną dźwiękochłonną. Pomiar wykonuje się w kilku wybranych punktach ściany badanego pomieszczenia. Za wynik przyjmuje się wartość średnią z kilku punktów, w których wyznaczono "S" z wzoru 12.

Powyższa metoda jest stosowana do oceny jakości adaptacji akustycznych pomieszczeń resortu łączności.

Zalety tej metody w stosunku do metody czasów pogłosu tkwią:

- w uproszczeniu procedury pomiarowej, polegającej na przeprowadzaniu pomiaru poziomu ciśnień akustycznych jedynie po adaptacji,
- w przeprowadzaniu pomiarów za pomocą zawsze tego samego źródła dźwięku. Dzięki temu jest możliwe porównanie skuteczności pochłaniania akustycznego różnych pomieszczeń,
- w skróceniu czasu przeprowadzania pomiarów oraz czasu potrzebnego na opracowanie wyników pomiarów.

## 7. UWAGI KOŃCOWE

Omówione w niniejszej pracy zagadnienia dotyczące zwalczania hałasu i wibracji należy traktować jako etap podstawowy w przygotowaniu do usystematyzowania oraz ukierunkowania prac naukowo-badawczych i technicznych z tej dziedziny w resorcie łączności. W dalszych etapach rozwoju tej dziedziny przewiduje się realizację tematyki prac z zagadnień dotyczących atestacji i diagnostyki urządzeń telekomunikacyjnych i pocztowych, rozszerzenie prac związanych z badaniami i wdrażaniami wykładowi dźwiękochłonnych i dźwiękoizolacyjnych oraz rozszerzenie prac dotyczących wibracji. Przewiduje się również wprowadzenie prac nad zagadnieniami obiekt telekomunikacyjno-środowisko.

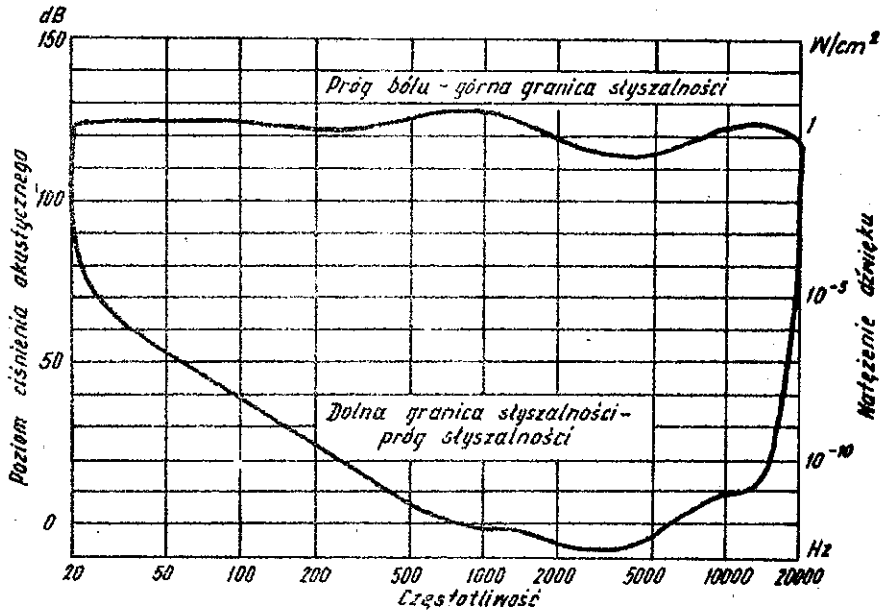
W zakresie nowych metod badań przewiduje się zastosowanie metody impulsowej i korelacyjnej do oceny właściwości akustycznych pomieszczeń.

## WYKAZ LITERATURY

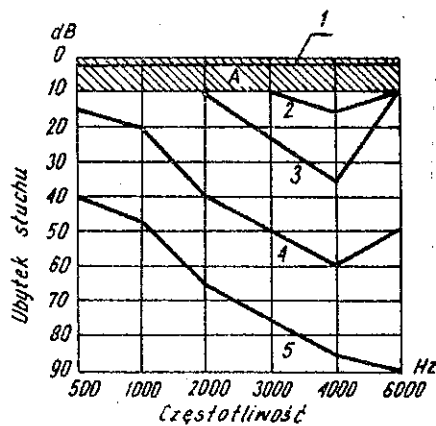
1. Agate J.N., Druett H.A.: Study of portable vibrating tools in relations to the clinical effects they. Prod. Brit. J. Industr. Med. 1947 t. 4, s. 41.
2. Andrejewa-Gałanina E.C., Artemanowa W.G.: Orzekanie o zdolności do pracy w chorobie powibracyjnej. Warszawa: PZWL 1960.
3. Dieckmann D.: Die Einfluss horizontaler mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Z. Angew. Phys. 1958 t. 17 nr 1, s. 83-100 oraz Mechanische modelle für den vertikal schwingungen menschlichen Körper. Inter. Z. Angew. Phys. 1958 t. 17 nr 1, s. 67-82.
4. Minecki L.: Doświadczalne badania miejscowego działania drgań mechanicznych na układ kostny. Med. Pracy 1958 t. 5, s. 345.
5. Grzegorzczak L.: Wpływ wibracji przemysłowej na człowieka. Warszawa: Inst. Organ. i Mech. Budownictwa 1966.
6. Golfman D., Henning E.: Effects of shock and vibrations on man. San. Gig. Mied. In-ta 1961 t. 44, s. 1-51.
7. Selye H.: Stress życia. Warszawa: PZWL 1960.
8. Herman E.R.: In Excerpta Medica Foundation. International Congress of Occupational Health 1964 t. 2, s. 481.
9. Klajman S., Dęga K.: Przyczynek do badań nad wpływem hałasu na słuch i układ krążenia u stoczniovców. Med. Pracy 1965, s. 380-384.

10. Bekesy G. von: Experiments in Hearing. New York 1960.
11. Dołatkowski A., Rutkowski S., Dęga K., Klajman S.: Wpływ hałasu silnika okrętowego, na czas odruchu wzrokowo-mięśniowego. Błul. WAM 1965 nr 1, s. 129-133.
12. Hellman R. and Zawistok J. Loudness function determination of low Sound frequencies. JASA 1968 t. 43, s. 60-63.
13. Kryter K.D.: Effects of ear, protective devices on the intelligibility of speech in noise. JASA 1946 t. 18, s. 413-417.
14. Klajman S., Regent J.: Wpływ hałasu maszynowego na zrozumiałość mowy. Lek. Woj. 1970 t. 6, s. 495-500.
15. Regent J., Dęga K.: Analiza techniczno-ekonomiczna pracy: Opracowanie indywidualnych środków ochrony słuchu. Oprac. wewn. Gdańsk: IŁ, Zakład Akustyki Stosowanej 1970.
16. Puzyna Cz.: Normalizacja w walce z hałasem. Warszawa: Wydawnictwo Normalizacyjne 1971.
17. Regent J.: Hałas w pomieszczeniach automatycznych central telefonicznych w aspekcie promieniowania akustycznego elementów komutacyjnych. Arch. Akust. 1973 t.8, s. 91-96.
18. Regent J., Koralun M., Frączyk M.: Opracowanie wzorcowych dokumentacji akustycznych telefonicznych central automatycznych i międzymiastowych. Oprac. wewn. Gdańsk: IŁ, Zakład Akustyki Stosowanej 1972, 1973.
19. Pinkiewicz Z.: Dokumentacja akustyczna pomieszczeń pocztowych. Oprac. wewn. Gdańsk: IŁ, Zakład Akustyki Stosowanej 1974.

20. Frączyk M.: Analiza techniczno-akustyczna zespołów hałasliwych w urządzeniach pocztowych. Oprac. wewn. Gdańsk: It, Zakład Akustyki Stosowanej 1973.
21. Wilczewska M.: Materiały dźwiękochłonne przewidziane do stosowania w resorcie łączności. Oprac. wewn. Gdańsk: It. Zakład Akustyki Stosowanej 1974.
22. Regent J.: Metody oceny pochłaniania energii akustycznej w pomieszczeniach telekomunikacyjnych. Oprac. wewn. Gdańsk: It, Zakład Akustyki Stosowanej 1972.
23. Regent J.: Ocena skuteczności pochłaniania akustycznego wykładzin dźwiękochłonnych. Materiały III Konf. nauk.-techn. zwalczania hałasu. Warszawa 1973, s. 279-284.



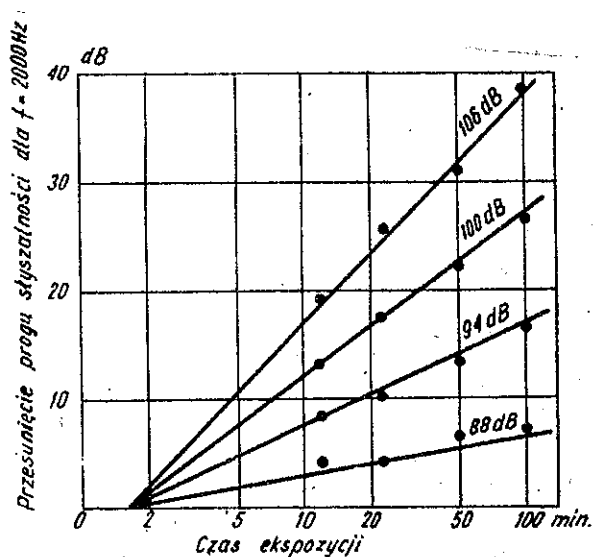
Rys. 1. Powierzchnia słyszalności normalnego ucha



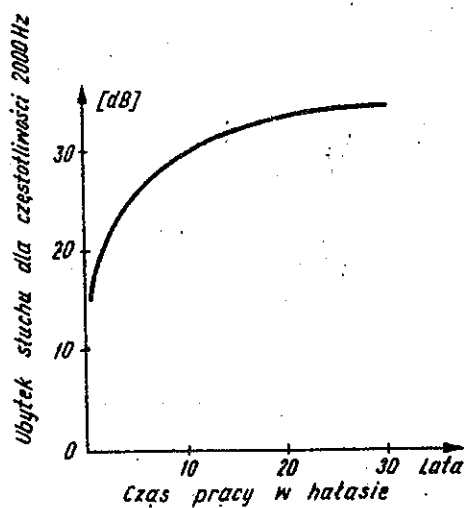
Rys. 2. Rozwój urazu akustycznego wg [8]

1 - krzywa audiometryczna normalnego ucha,  
2 i 3 - przejściowe obniżenie progu słyszalności, 4 - pogłębiające się stadium urazu akustycznego, 5 - obniżenie progu słyszalności po długim czasie ekspozycji w hałasie, A - obszar dopuszczalnych odchyłań normalnego ucha

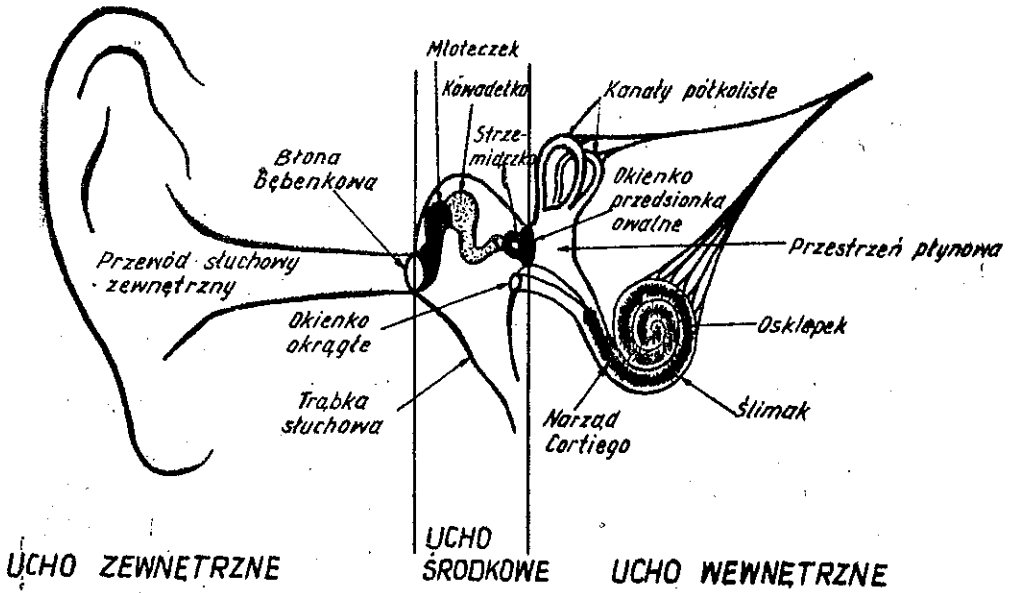




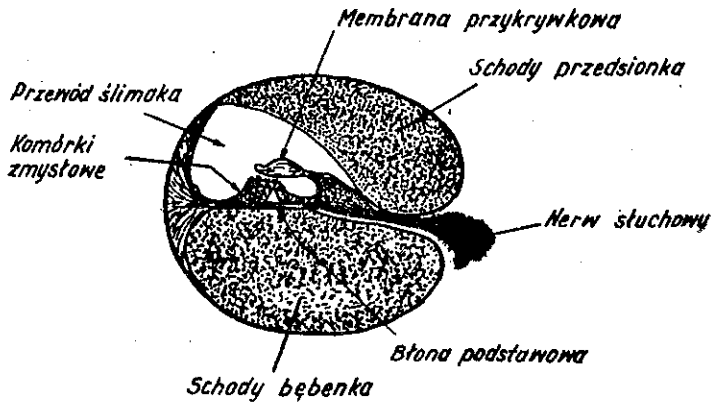
Rys. 3. Zależność ubytku słuchu od czasu ekspozycji hałasu wg A. Gloriga [9]



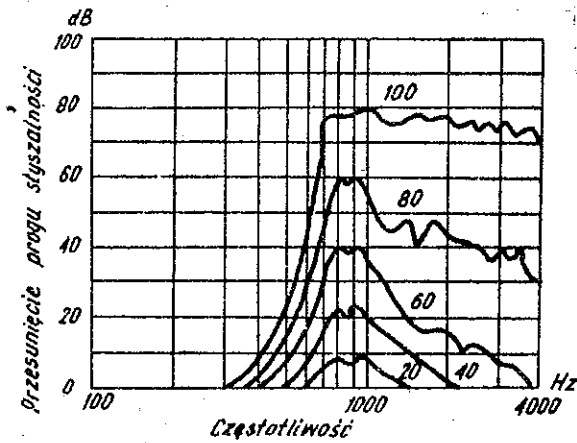
Rys. 4. Zależność ubytku słuchu dla częstotliwości 2000 Hz od czasu pracy w hałasie wg [10]



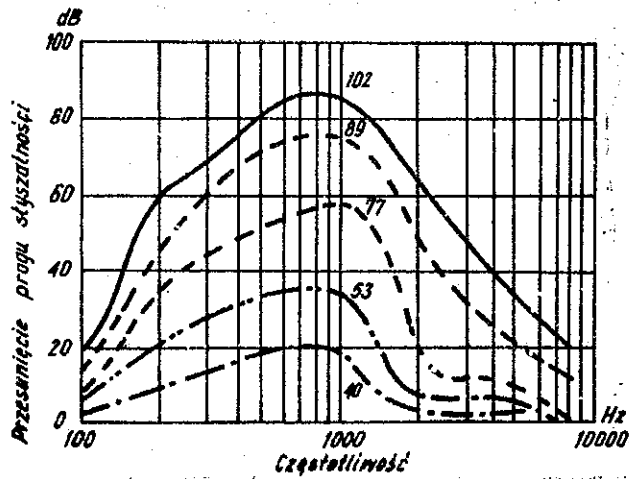
Rys. 5. Budowa ucha ludzkiego



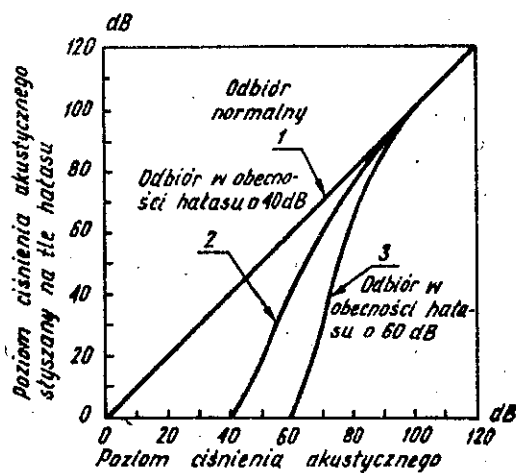
Rys. 6. Przekrój ślimaka



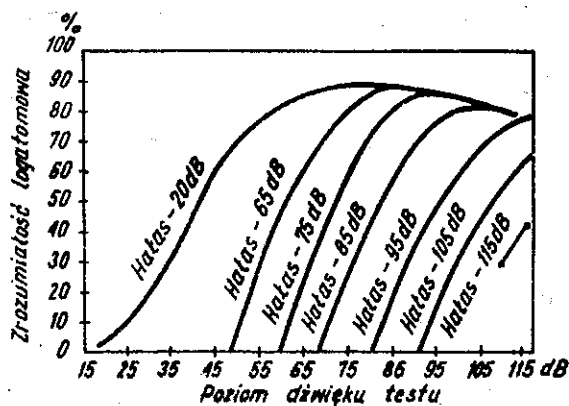
Rys. 7. Przesunięcie progu słyszalności pod wpływem tonu o częstotliwości 800 Hz



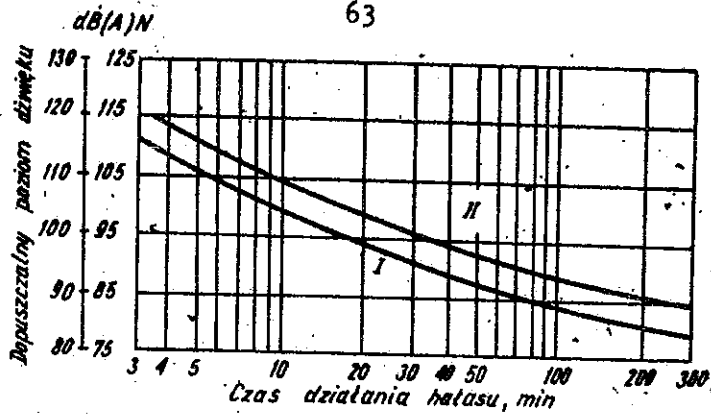
Rys. 8. Przesunięcia progu słyszalności pod wpływem filtrowanego szumu białego w paśmie 140 - 1200 Hz



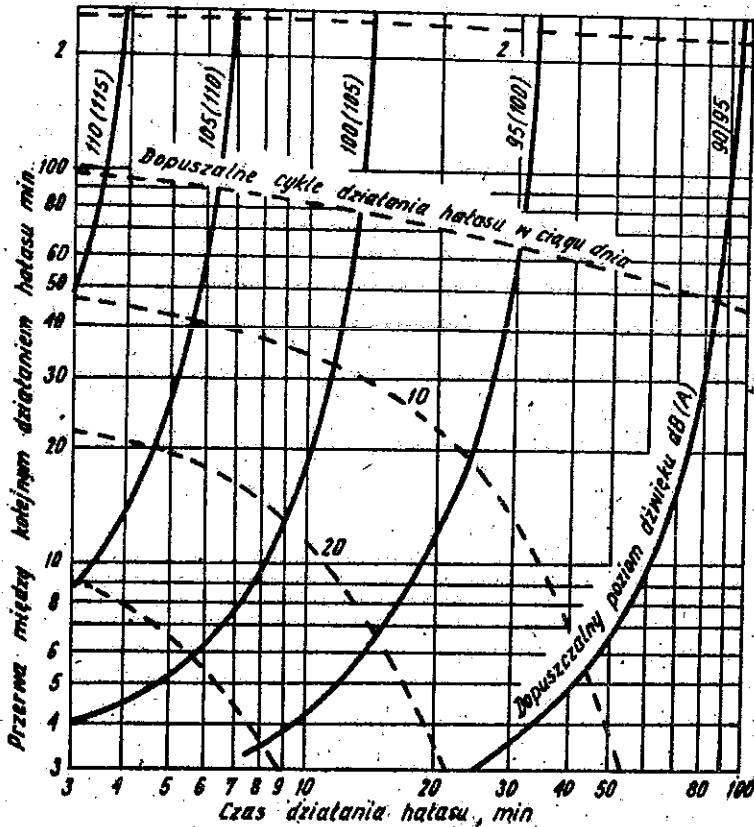
Rys. 9. Zależność poziomu ciśnienia akustycznego tonu o częstotliwości 1000 Hz słyszalnego na tle szumu białego o poziomach 40, 60 dB



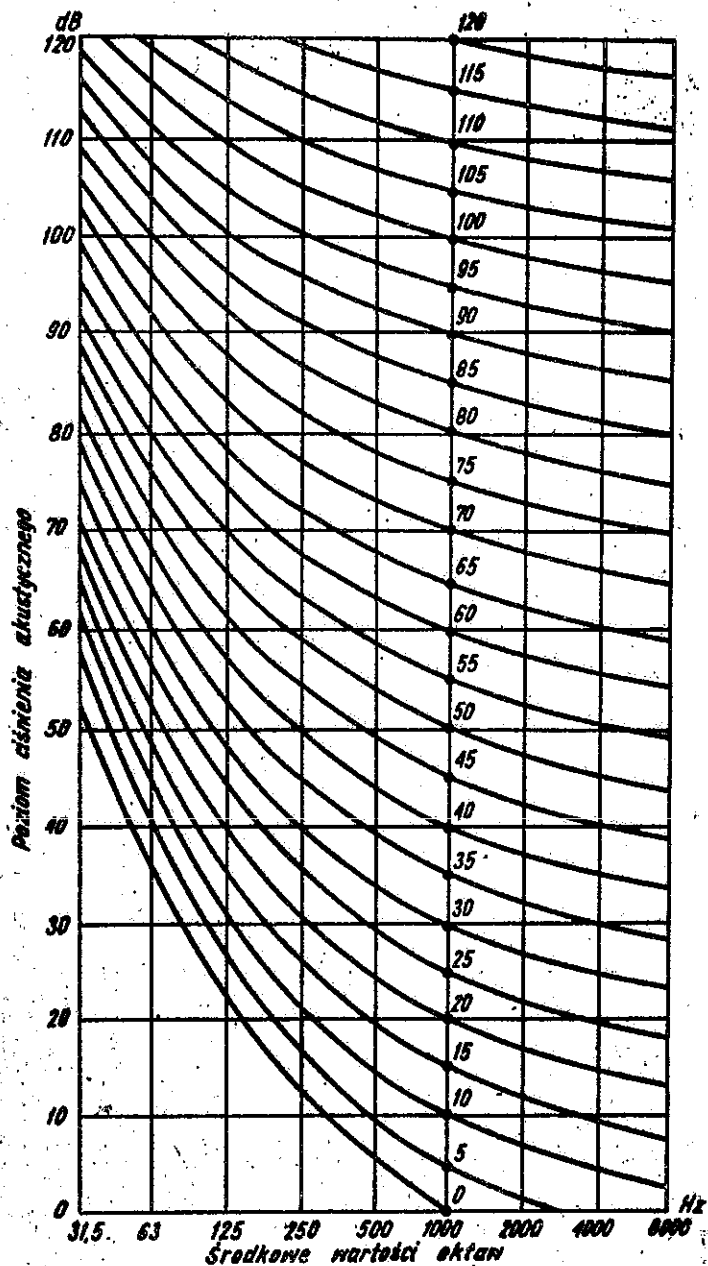
Rys. 10. Zrozumiałość logatomowa w obecności maskującego działania hałasu wg [14]



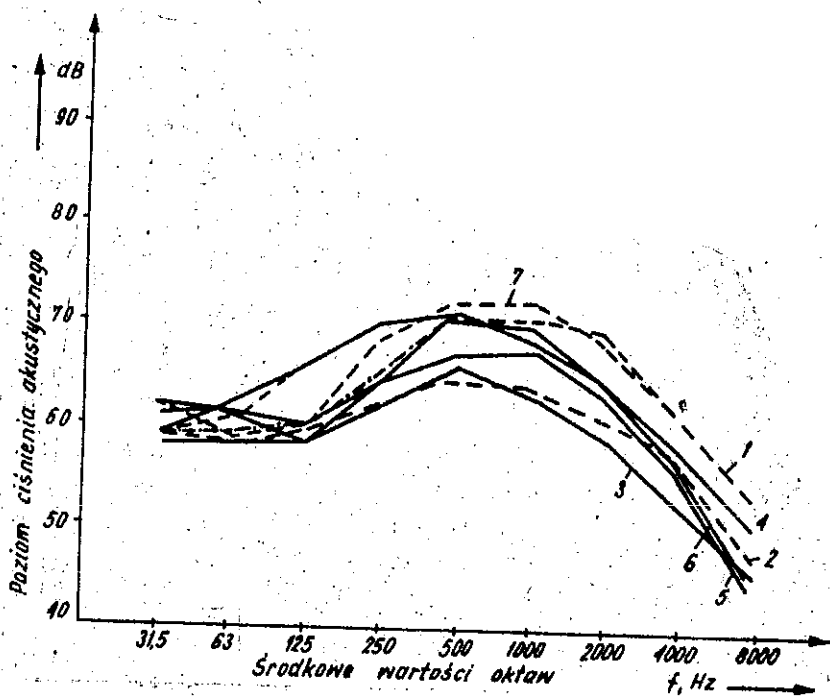
Rys. 11. Dopuszczalny poziom hałasu w dB A lub we wskaźnikach oceny hałasu N przy ekspozycji trwającej krócej niż 5 godzin  
I - wartości zalecane II - wartości dopuszczalne



Rys. 12. Dopuszczalne poziomy dźwięku przy przerywanej ekspozycji hałasu  
Liczby w nawiasach oznaczają wartości dopuszczalne dla maksymalnego czasu przerwy - bez nawiasów dla minimalnego czasu przerwy.

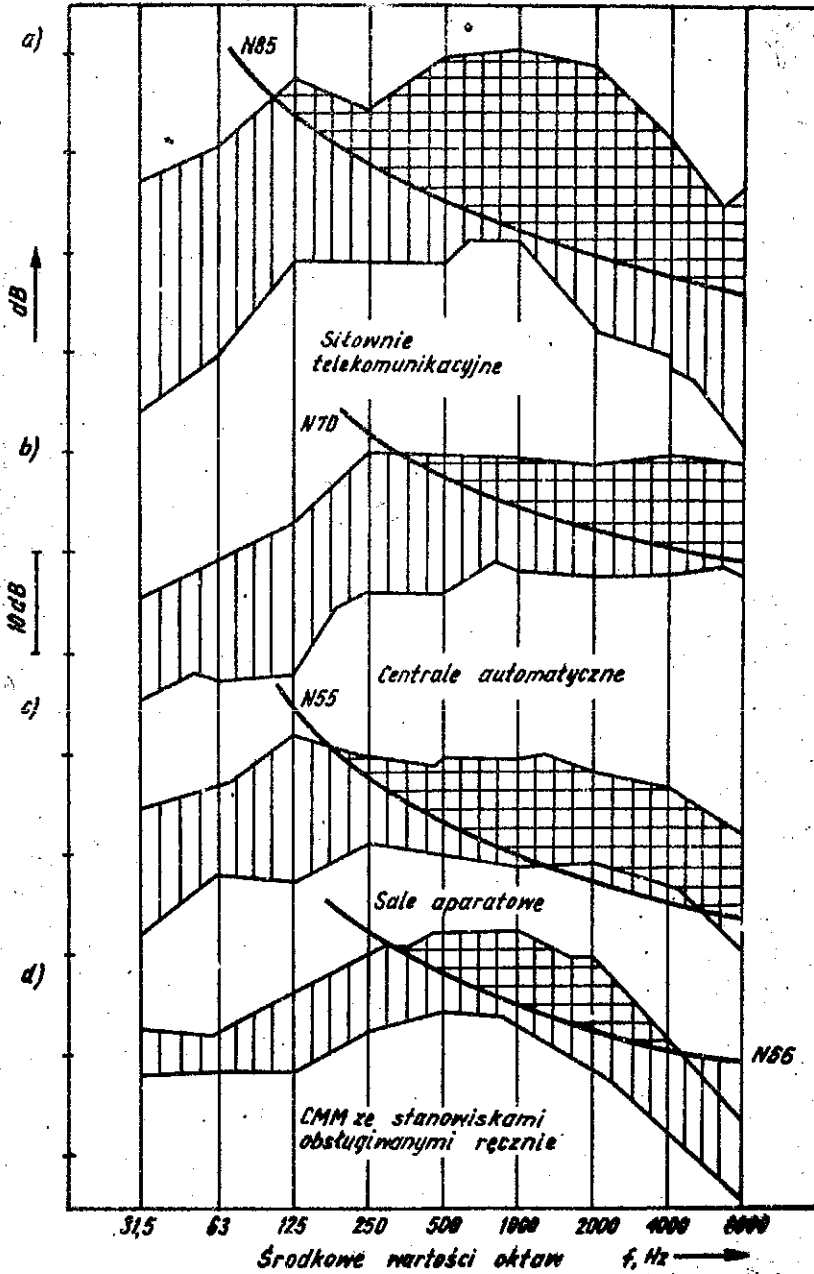


Rys. 13. Wskaźnik oceny hałasu N /liczba hałasowa/ wg ISO/TC43



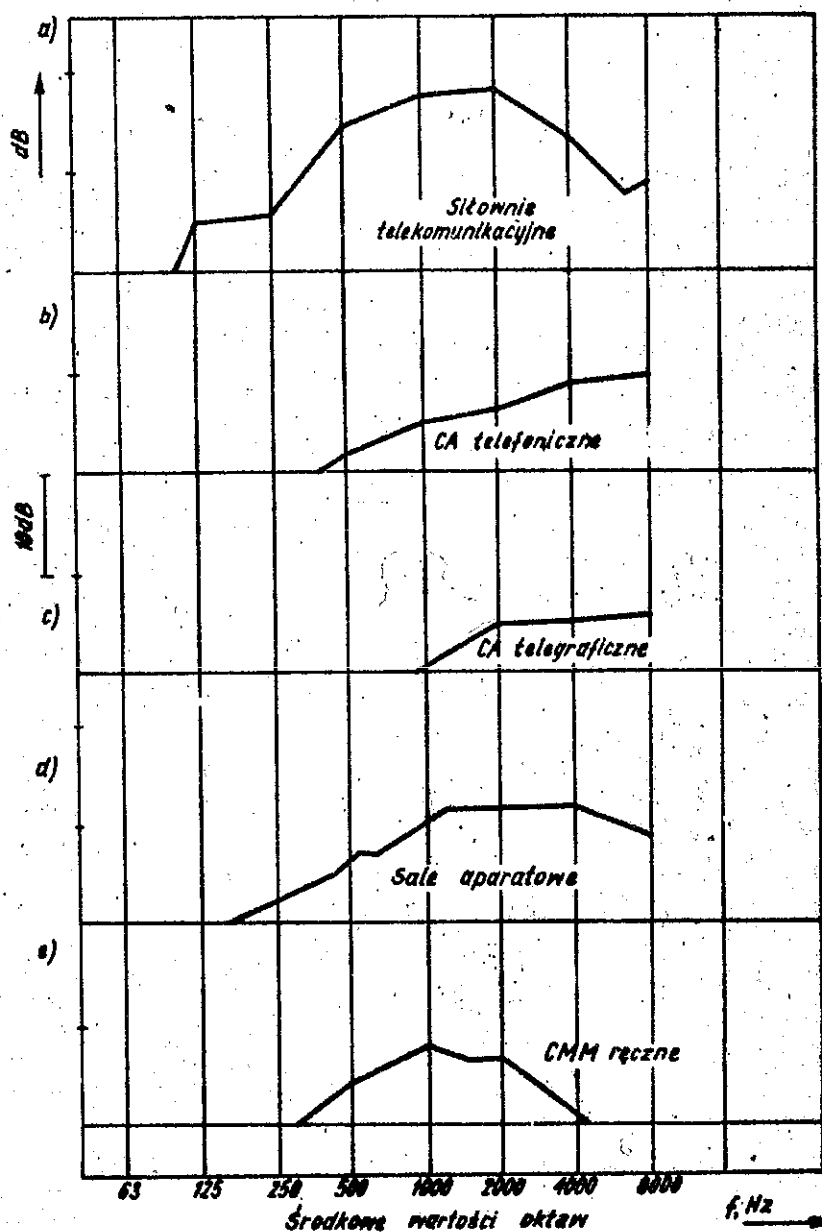
Rys. 14. Przeciętne poziomy ciśnienia akustycznych w pomieszczeniach ze stanowiskami telefonicznymi obsługiwanymi ręcznie

1 - OUP T Leżajsk, 2 - OUP T Przeworsk, 3 - OUTM Łódź, 4 - GUTH Warszawa, 5 - OUTH Lublin, 6 - GUTH Warszawa SC, 7 - OUP T Kętrzyn

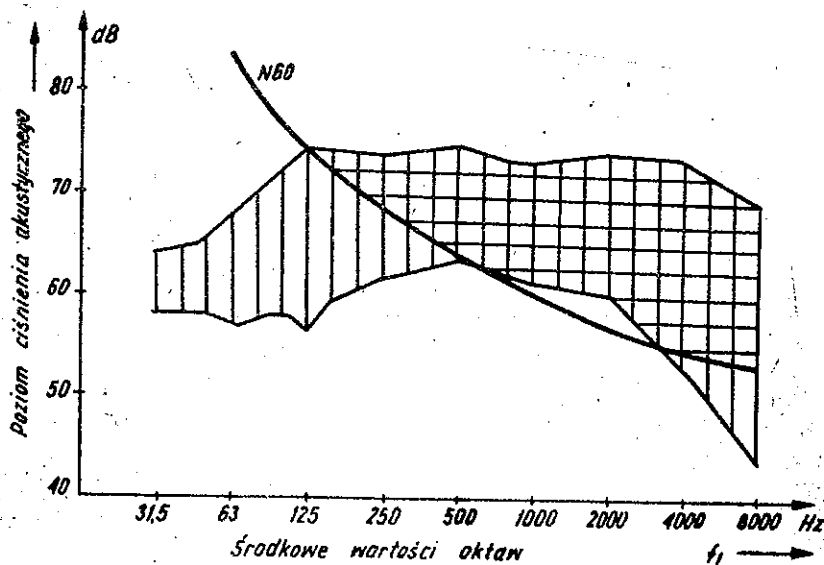


Rys. 15. Maksymalne i minimalne poziomy ciśnienie akustycznych w oktaowych pasmach częstotliwości w różnych rodzajach pomieszczeń telekomunikacyjnych

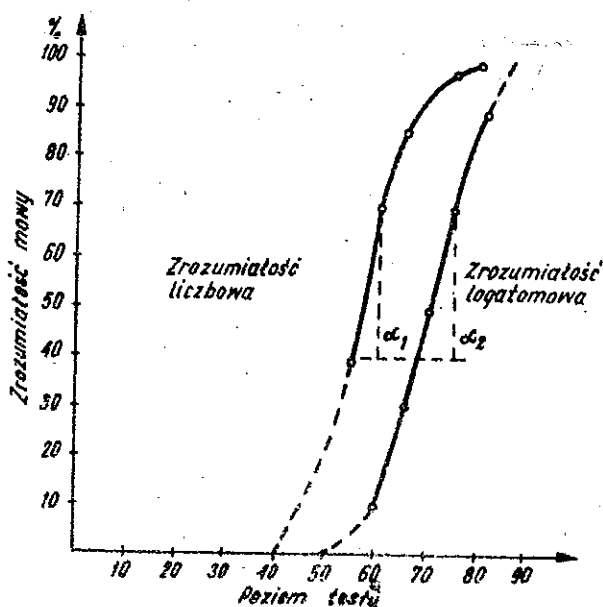




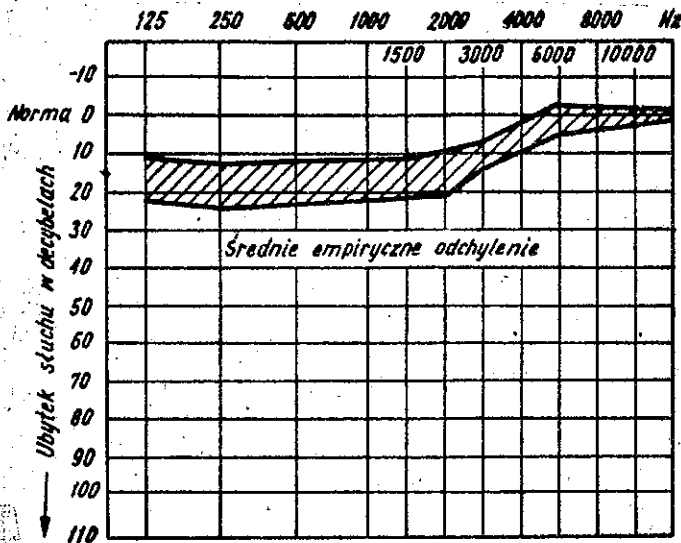
Rys. 16. Maksymalne przekroczenia hałasu ponad dopuszczalne normy w poszczególnych rodzajach pomieszczeń telekomunikacyjnych



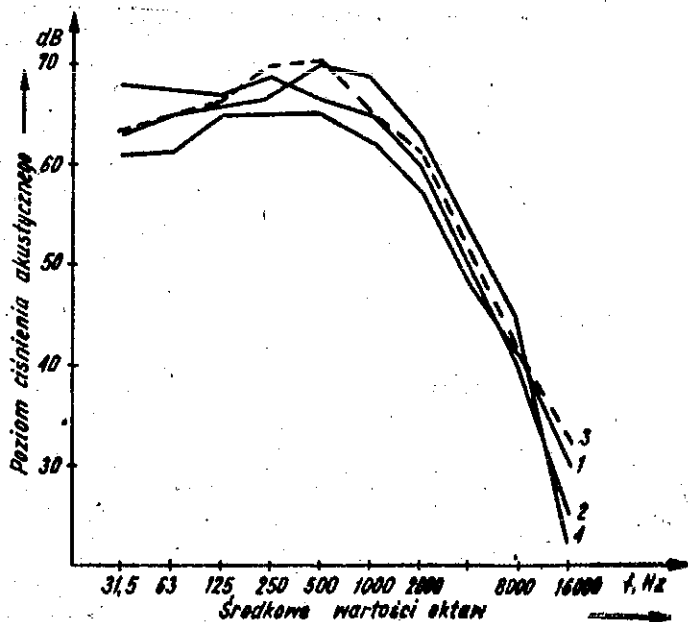
Rys. 17. Maksymalne i minimalne poziomy ciśnienie akustycznych w oktaowych pasmach częstotliwości na stanowiskach łączeniowych



Rys. 18. Zrozumiałość mowy: liczbowa i logatอมowa w hałasie centrall CMM GUTM - Warszawa - krzywa 4 na rys. 14

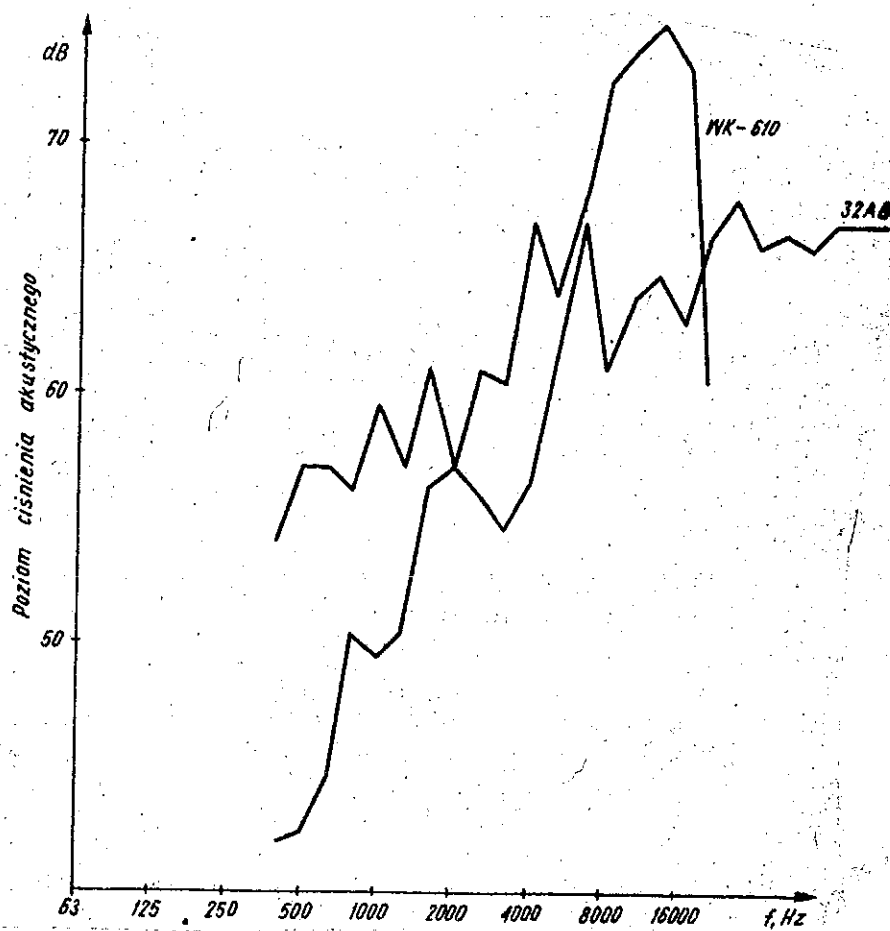


Rys. 19. Obniżenie progu słyszalności u telefonistek pod wpływem hałasu panującego w pomieszczeniu CMM GUTM. Badania jednorazne

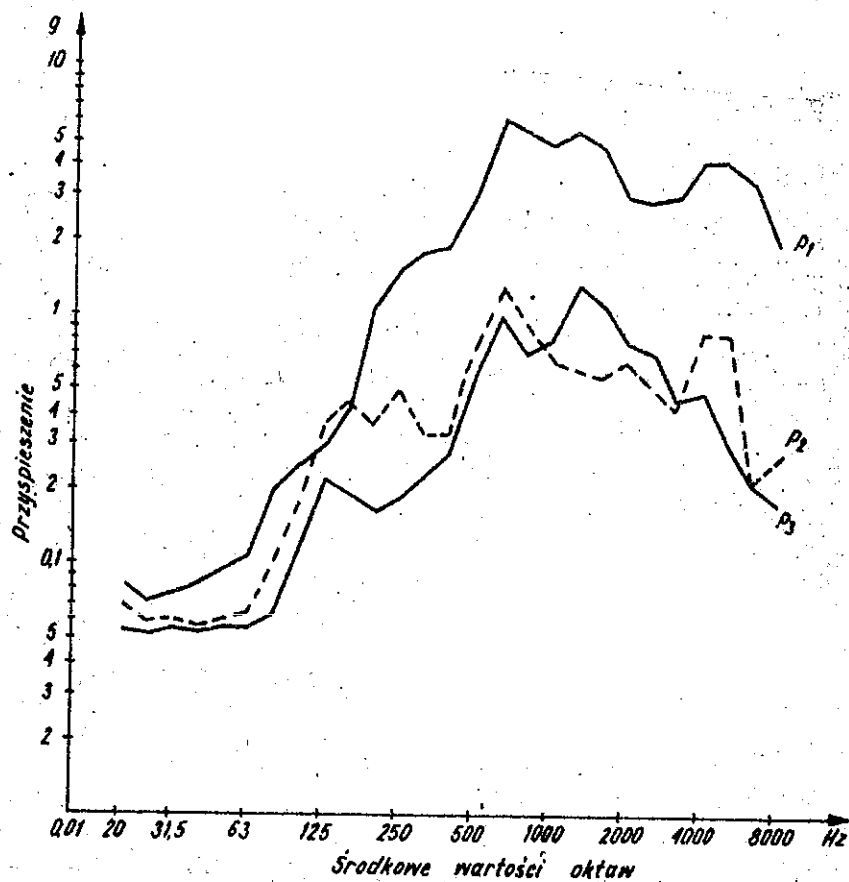


Rys. 20. Średni poziom ciśnienia akustycznego w pasmach oktaowych w urządzeniach pocztowych.

1 - sale operacyjne, 2 - rozdzielnie /paczek i listów/, 3 - pomieszczenia doręczycieli, 4 - sale odprawy celnej

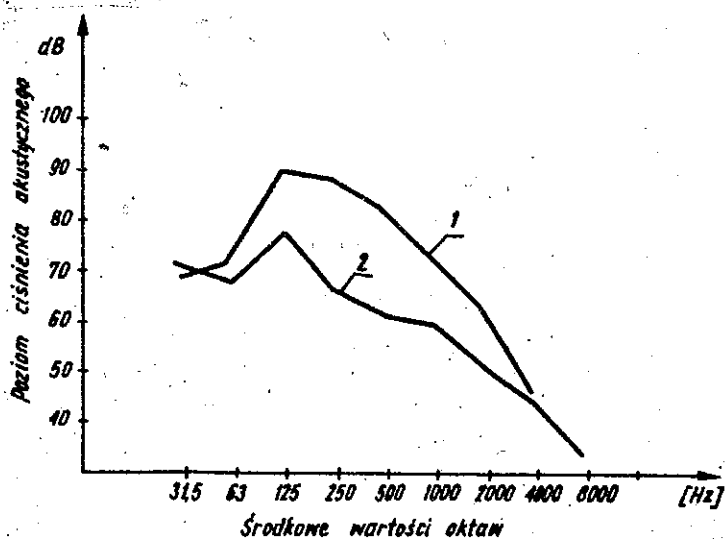


Rys. 21. Widma akustyczne hałasu w pasmach oktaowych wybieraków: biegowego 32 AB oraz krzyżowego WK-610



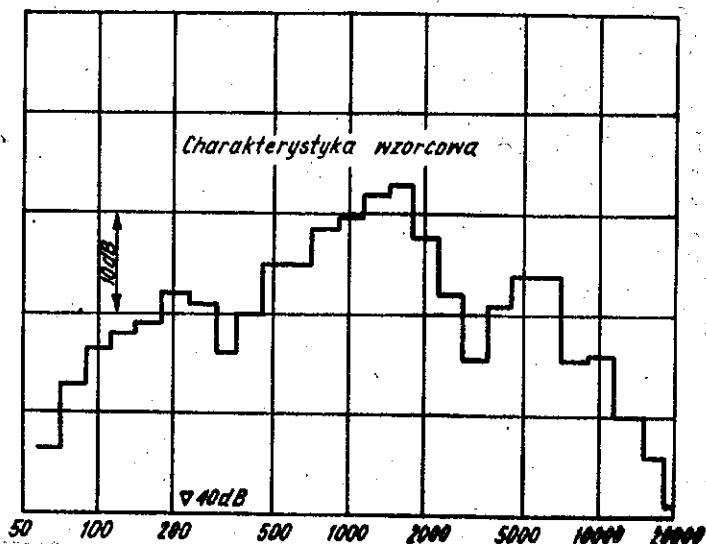
Rys. 22. Widma przyspieszenia drgań wybieraka błęgowego 32 AB w pasmach tercjowych

Lokalizacja punktów pomiarowych:  $P_1$  - na płytce tłumiącej,  $P_2$  - na górnej ramie,  $P_3$  - na osi stojaka



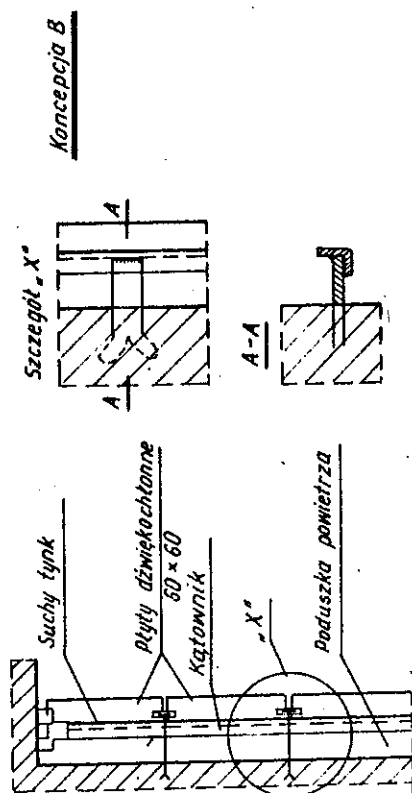
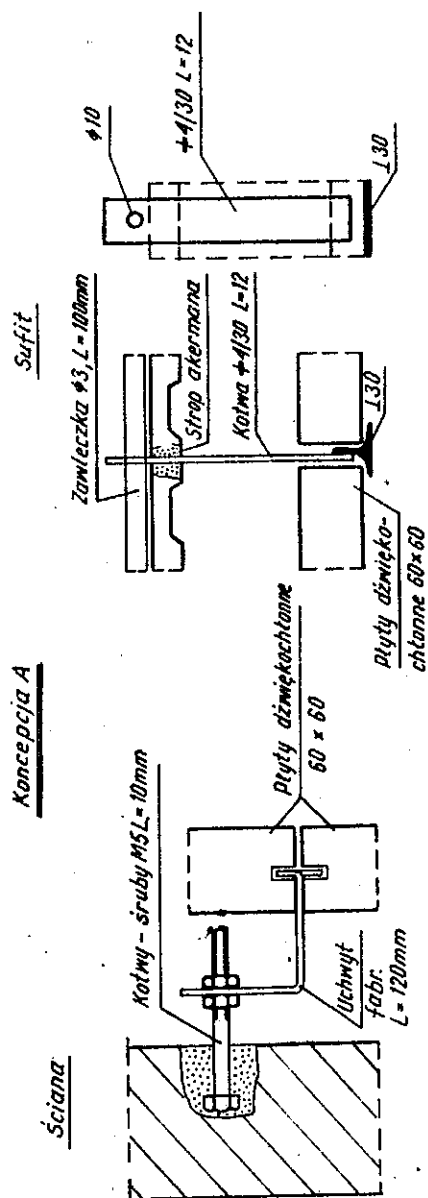
Rys. 23. Widmo akustyczne datownika

1 - uderzenia realizowane przez podkład typowy znajdujący się na stanowisku poziomym, 2 - uderzenie realizowane przez podkładkę specjalnie wykonaną z mikrogumy - 10 mm, gumy miękkiej - 5 mm, gumy o średniej twardości - 5 mm

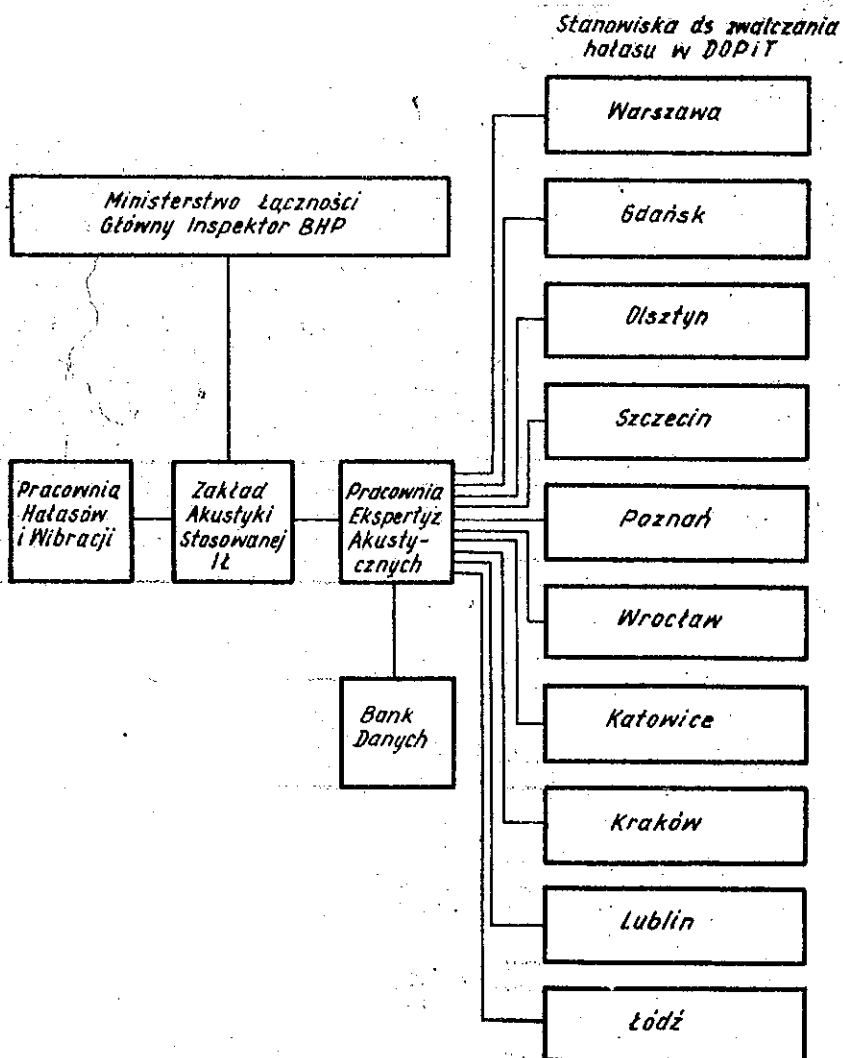


Rys. 26. Charakterystyka częstotliwościowa źródła odniesienia

Prędkość zapisu - 200 mm/s Prędkość przesuwu - 3 mm/s



Rys. 24. Koncepcja zawieszenia dźwiękochłonnej płyty gipsowej



Rys. 25. Schemat organizacyjny





